

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

**Optimalizace výrobního procesu  
a změna layoutu**  
The Production Process Optimization  
and Layout Change

Student:	Lucie Klepková
Osobní číslo:	KLE0151
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.

OSTRAVA 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

## Zadání bakalářské práce

Student: **Lucie Klepková**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2301R040 Průmyslové inženýrství  
Téma: **Optimalizace výrobního procesu a změna layoutu**  
**The Production Process Optimization and Layout Change**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Obecné pojmy zadané problematiky.
2. Analýza výrobního procesu současného stavu a jeho návaznosti.
3. Vyhodnocení analýzy, nalezení úzkých míst.
4. Komplexní posouzení a návrhy řešení.
5. Zhodnocení práce a přínos pro podnik.

Seznam doporučené odborné literatury:

HLAVENKA, Bohumil *Projektování výrobních systémů: technologické projekty*. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.  
TUČEK, David a Roman BOBÁK. *Výrobní systémy*. 2. uprav. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, ISBN 80-731-8381-1.  
VYTLAČIL, Milan a Ivan MAŠÍN. *Dynamické zlepšování procesů: programy a metody pro eliminaci plýtvání*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1999. ISBN 80-902235-3-2.  
BASL, Josef, Miroslav TŮMA a Vít GLASL. *V. Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2002. ISBN 80-7082-936-2.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019  
Datum odevzdání: 18.05.2020

Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

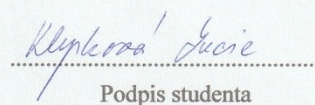


Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V práci jsem použila interní údaje o technických parametrech výrobní linky získaných od firmy Varroc Lighting Systems, s.r.o., Rychvald, firma s jejich zveřejněním souhlasí.

V Ostravě dne 18. května 2020.

  
Podpis studenta



Prohlášení spolupracující osoby

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských studijních programech VŠB-TU Ostrava.

Spolupracující osoba:

(název a sídlo, případně IČO)

SUVOROVA 195

742 42 VĚNOV U NOVÉHO VÍČÁNA

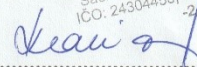
IČ: 243 04 450

Jméno a příjmení oprávněné osoby:

Michaela Klánicová

V Ostravě dne 18. května 2020.

Varroc Lighting Systems, s.r.o.  
Závod Rychvald  
Sachetní 1540, 735 02 Rychvald  
IČO: 24304450, DIČ: CZ24304450



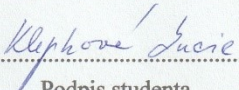
Podpis oprávněné osoby  
(případně razítko)



Prohlašuji, že:

- jsem si vědoma, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2020.

  
.....  
Podpis studenta

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KLEPKOVÁ, L. *Optimalizace výrobního procesu a změna layoutu: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2020, 74 s. Vedoucí práce: Schindlerová, V.

Bakalářská práce se zabývá optimalizací zefektivnění výrobního procesu linky. V úvodu jsou uvedeny základní pojmy z oblasti optimalizace výrobních procesů. Analýza současného stavu zahrnuje podstatné informace potřebné k seznámení s problematikou výrobních linek. Byly provedeny snímky operací a jejich vyhodnocení. Cílem práce bylo nalézt úzká místa ve výrobním procesu, jak z hlediska ergonomie, změny layoutu, tak časového rozložení operací. V závěru práce jsou uvedeny návrhy řešení, které byly ověřeny porovnáním měření práce a zpracována optimální varianta prostorového uspořádání layoutu.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KLEPKOVÁ, L. *The Production Process Optimization and Layout Change: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2020, 74 p. Thesis head: Schindlerová, V.

The bachelor thesis deals with the optimization of streamlining of the production process line. In the introduction are presented the basic concepts from the field of optimization of production processes. Analysis of the current state includes the essential information needed to get acquainted with the problems of the production lines. Were made pictures of the operations and their evaluation. The objective of this work was to find bottlenecks in the production process, both in terms of ergonomics, change the layout, so the timing of operations. At the conclusion of the work are given suggestions of solutions that have been verified by comparing the measurements to work and processed the optimal variant of the spatial arrangement of the layout.



# Obsah

	Strana
<b>Seznam použitých značek a symbolů.....</b>	<b>9</b>
<b>Úvod.....</b>	<b>11</b>
<b>1 Obecné pojmy zadané problematiky .....</b>	<b>12</b>
1.1 Racionalizace .....	12
1.1.1 Měření práce .....	12
1.1.2 Ergonomie u výrobních procesů.....	15
1.1.3 Prostorové uspořádání výrobní linky – layout.....	16
1.2 Plánování výroby .....	16
<b>2 Analýza výrobního procesu současného stavu a jeho návaznosti.....</b>	<b>17</b>
2.1 Charakteristika podniku .....	17
2.2 Historie podniku.....	20
2.3 Sídlo společnosti, výrobní závody a vývojová centra ve světě a u nás.....	21
2.4 Výrobní portfolio .....	23
2.5 Specifikace vyráběného produktu a analýza výrobní linky .....	25
2.5.1 Charakteristika výrobního závodu Rychvald .....	25
2.5.2 Specifikace výrobku .....	27
2.5.3 Specifikace výrobní linky .....	28
2.5.4 Původní layout výrobní linky .....	28
2.5.5 Prvotní náběh produktu do výroby (MOST) .....	29
2.5.6 Měření výrobního procesu (chronometráž) v roce 2019 .....	40
2.5.7 Balancování linky v roce 2019 .....	41
2.6 Požadavky a plánování .....	43
<b>3 Vyhodnocení analýzy, nalezení úzkých míst.....</b>	<b>46</b>
3.1 Nalezení úzkých míst.....	46
3.2 Vyhodnocení analýzy.....	49
<b>4 Cíle bakalářské práce.....</b>	<b>49</b>
<b>5 Komplexní posouzení a návrhy řešení.....</b>	<b>50</b>
5.1 Varianty layoutu.....	50
5.2 Návrhy pro zlepšení procesu.....	52
5.3 Měření výrobního procesu (chronometráže) v roce 2020.....	57
5.4 Balancování linky v roce 2020 .....	59

5.5	Porovnání metod měření práce v jednotlivých fázích.....	60
5.5.1	Porovnání MOST s náměry 2019 a náměry 2020 .....	60
5.5.2	Porovnání mezi MOST a náměry 2020 .....	62
<b>6</b>	<b>Zhodnocení práce a přínos pro podnik .....</b>	<b>66</b>
6.1	Zhodnocení optimalizace výrobní linky .....	66
6.2	Případné ztráty, zisky a úspory .....	66
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>69</b>
	<b>Seznam použité literatury a zdrojů .....</b>	<b>70</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>72</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>72</b>
	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>73</b>
	<b>Seznam grafů .....</b>	<b>74</b>



## Seznam použitých značek a symbolů

<i>Značky/ symboly</i>	<i>Význam</i>
AWS	skutečnost
CT	čas cyklu
DL	operátor
EOL	tester na konci výrobní linky
ESD	elektrostatická věc/ prostor
HB	zdroj k dálkovému osvětlení
IATF	norma pro systém managementu kvality v automobilovém průmyslu
ID.3	model auta
KLT	plastová přepravka
ks	kusy
LDM	řídící jednotka
MAA	automatický strojní čas
MOST	metoda nepřímého měření spotřeby času pracovní činnosti
MTM	metoda měření času pracovních metod
NVAA	nepřidaná hodnota
RY	Rychvald
s	sekunda
SAP	podnikový informační systém
TMU	jednotka měření času
UMA	využitý strojní čas
VAA	přidaná hodnota
VLS	Varroc Lighting Systems
VW	Volkswagen

<i><b>Značky/ symbols</b></i>	<i><b>Jednotky</b></i>	<i><b>Význam</b></i>
$\text{á€}/\text{Kč}$		kurzové na jedno euro
$nhod_{\text{návrh}}$	nhod	normohodiny při návrhu
$nhod_{\text{rok}}$	nhod	roční normohodiny na požadovanou výrobu
$nhod_{\text{skut}}$	nhod	skutečné normohodiny
$OP_{\text{návrh}}$		navrhovaný počet operátorů
$OP_{\text{skut}}$		skutečný počet operátorů
$R\acute{U}_{\text{€}}$	€	roční úspora v eurech
$R\acute{U}_{\text{kč}}$	Kč	roční úspora v korunách českých
$S_{\text{DL/IL}}$		sazba na člověka
$T$	s	čas za směnu
$t_{\text{cíl}}$	s	cílový čas
$t_{\text{skut}}$	s	skutečný (maximální) čas
$V_{\text{cíl}}$	ks	cílový počet vyrobených kusů za směnu
$V_{\text{rok}}$	ks	objem výroby za rok
$V_{\text{skut}}$	ks	skutečný počet vyrobených kusů za směnu



## Úvod

Postupem let došlo k rozšíření motorizace ve světě, počty osobních a dodávkových vozidel během půl století výrazně stouply. S rozrůstající se výrobou vozů začaly vznikat další společnosti vyvíjející komponenty pro automobilový průmysl. V konkurenčním prostředí vznikají neustálé inovace a změny ve výrobě, proto je třeba zefektivnit výrobu komponentů na aktuálně navyšující se požadavky zákazníků.

Dle statistik lze zjistit, že oproti roku 1988 vzrostl počet registrovaných osobních vozidel přibližně o 3 mil. kusů, a to jsou data týkající se pouze České republiky. Ve světě jde o 90 mil. vozů za rok 2018. Vyvíjí se nové vozy, dochází k faceliftům, rozvíjí se také trh s elektromobily, to způsobuje vyšší poptávku po nových typech světlometů.

Vznikají nové výrobní prostory, začínají se používat nové technologie a s tím souvisí nutnost projektovat potřebné prostory a efektivně rozložit výrobu. S prvotním otevřením nových výrobních hal přicházíme na různé nedostatky a úzká místa, která lze optimalizovat.

Cílem bakalářské práce bude nalézt úzká místa ve výrobním procesu, jak z hlediska ergonomie, změny layoutu, tak časového rozložení operací. Výroba je založena na lidské pracovní síle, takže se budu zaměřovat na optimální sestavení pracovních stanic, aby pracovník měl komponenty co nejbližší. Zbytečnými pohyby by operátor zdržoval proces výroby a také by mohlo dojít k jeho poranění. Nově navržené sestavení výrobních linek bude respektovat veškeré požadavky na bezpečnost a maximální využitelnost výrobního procesu.

# 1 Obecné pojmy zadané problematiky

Kapitola obsahuje vysvětlení základních pojmů, které se vyskytují v bakalářské práci.

## 1.1 Racionalizace

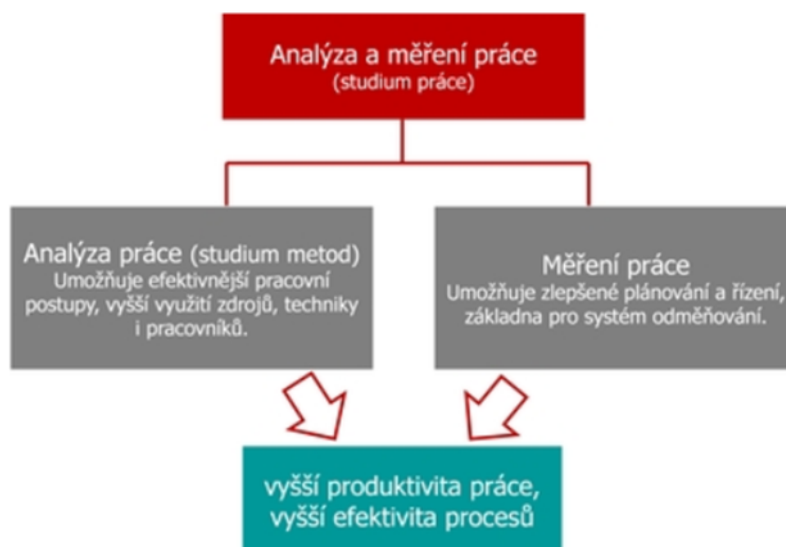
Racionalizaci lze definovat jako soustavnou, promyšlenou a cílevědomou činnost, s cílem dosáhnout efektivnějších výsledků práce, za pomoci různých přístupů, metod, technik a nástrojů. [1]

### 1.1.1 Měření práce

Jedná se o důležitou aplikaci technik vytvořenou pro určení času pracovníka na přesně určené úrovni výkonu. Základní postupy používané u této metody jsou:

- hrubé odhady,
- kvalifikované odhady,
- využití historických údajů,
- časové studie pomocí přímého měření,
- pohybové studie,
- prostorové studie,
- metody vícestranného pozorování,
- humanitní studie,
- systémy předem určených časů,
- počítačem měřené a vyhodnocené metody.[2]

Výsledkem postupných činností (Obrázek 1) je norma a samozřejmě zefektivnění procesu.



Obrázek 1 – Analýza a měření práce [3]

Metod stanovení spotřeby času existuje mnoho, ale jsou dvě základní a to:

### A. Nepřímá metoda

Jedná se analýzu jednotlivých úkonů a rozdělení na základní pohyby, kterým je následně dle náročnosti přiřazen index odpovídající určité spotřebě času. Výhodou této metody je, že ji lze použít pro stanovení budoucí operace, pro racionalizaci pracovního postupu, organizace a uspořádání pracoviště. Mezi známé nepřímé metody řadíme:

- MTM (*Methods Time Measurement*)
- MOST (*Maynard Operation Sequence Technique*)

Nejpoužívanější systém předem určených časů je tzv. MOST, který umožňuje zvýšenou efektivitu vykonávané analýzy při zachování vysoké přesnosti. Lze jej využívat jak přímo pro výrobní operace, tak pro podpůrné činnosti. Je rozdělen do dílčích technik:

- Maxi MOST
- Mini MOST
- Basic MOST
- Admin MOST [4]

Tzv. zlatou střední cestou, je Basic MOST (viz Tabulka 1), který slouží k normování činností trvajících několik desítek vteřin až několik minut. Pracuje s přesností setin vteřiny, dostačuje pro většinu běžných činností. Časové jednotky používané v MOST jsou identické s těmi, které se používají v základním systému MTM a jsou založeny na hodinách a částech hodin zvaných TMU (*Time Measure Units*). Jednotlivé převody mezi TMU, hodinami, minutami a sekundami jsou uvedeny níže. [4,9]

$$1 \text{ TMU} = 0,00001 \text{ hodiny} = 0,0006 \text{ minuty} = 0,036 \text{ sekundy}$$

$$1 \text{ hodina} = 100,000 \text{ TMU}$$

$$1 \text{ minuta} = 1,667 \text{ TMU}$$

Tabulka 1 – Basic MOST \_ ST.06 [9]

Pořadové číslo	Použití rukou	Popis operace	Sekvence								Frekvence	TMU
		OP	ABG - Získat	ABP - Položit				A - Návrat				
		ŘP		MXI - Přemístit/Spustit								
		N		ABP - Položit		Nástroj	ABP - Položit stranou					
		J		ATK - Získat		FVL - Položit	VPT - Položit stranou					
1		uchopit pouzdro ze stolu	OP	A 1 B 1 G 1 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1				A 1 1	1,00	40	
2		založení pouzdra do přípravku	OP	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 1 B 1 P 6 1 1 1				A 1 1	1,00	90	
3		aretace	ŘP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	M 1 X 1 I 1 1 1 1				A 1 1	1,00	60	
4		načtení, kontrola, založení a zapojení HB	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 1 P 32 1 1 1				A 1 1	1,00	370	
5		načtení, kontrola a založení rohového reflektoru	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 1 P 32 1 1 1				A 0 1	1,00	360	
5		šroubování ruční 2x	NF	A 1 B 1 G 1 1 1 1	A 1 B 1 P 1 1 1 1	F 3 1	A 1 B 3 P 1 1 1 1		A 1 1	2,00	300	
7		aretace	ŘP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	M 1 X 1 I 1 1 1 1				A 1 1	1,00	60	
8		výjmutí a odložení pouzdra	OP	A 1 B 1 G 1 1 1 1	A 1 B 1 P 1 1 1 1				A 1 1	1,00	70	
Celková spotřeba času:					0,81			48,60			1350	
					minut			sekund			TMU	

Tabulka 2 – Sekvenční modely zahrnuté v technice Basic MOST [9]

Aktivita	Sekvenční model	Subaktivity
Obecné přemístění	A B G A B P A	A – akce na určitou vzdálenost
Řízené přemístění	A B G M X I A	B – pohyb těla
Použití nástroje	A B G A B P A B P A	G – získání kontroly
		P – přemístění
		M – přesun řízený
		I – vyrovnaní
		F – utáhnout
		L – uvolnit
		C – dělit
		S – povrchová úprava
		M – měření
		R – zaznamenání
		T – myšlení

## B. Přímá metoda

V případě přímé metody se stanovuje čas za pomoci stopek, formulářů nebo softwaru. Metoda obsahuje dva základní přístupy, které se rozlišují na sledovaný subjekt (snímek pracovního dne, chronometráž). [3]

Chronometráž (Tabulka 3) je určena ke stanovení délky trvání děje (operace), přičemž je operace rozdělena do několika dílčích úseků (úkonů nebo měřících bodů). [3]

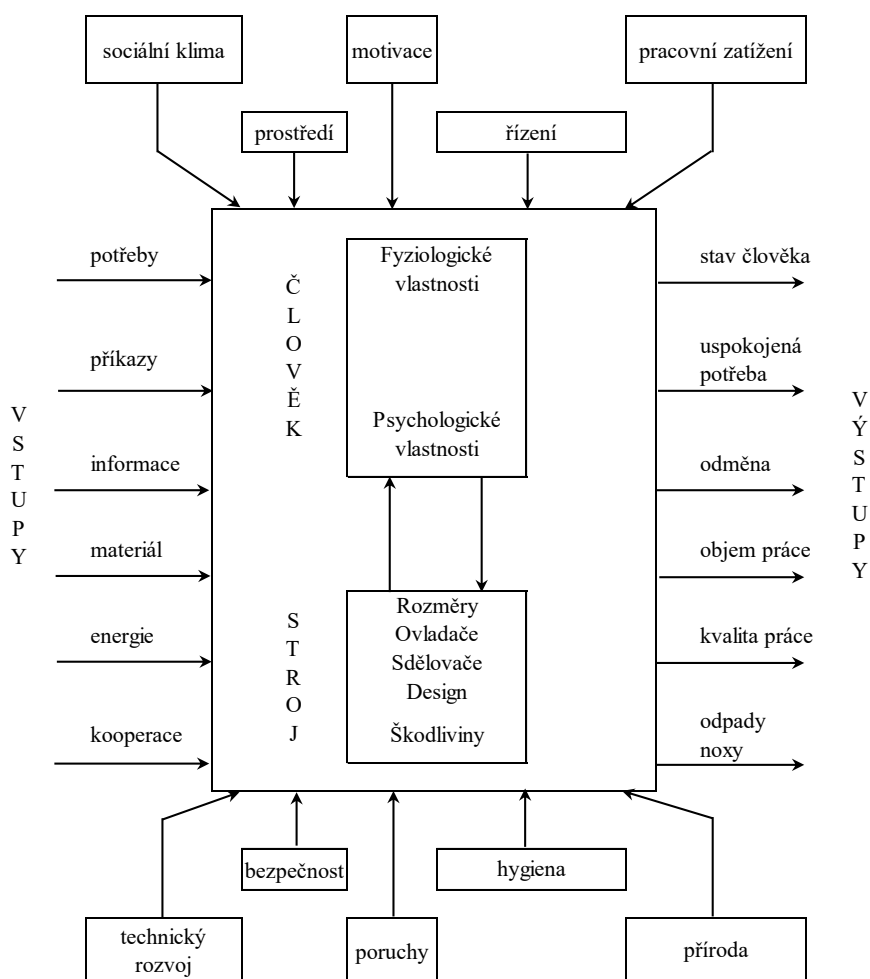
Tabulka 3 – Chronometráž operace \_ST.06 [9]

Varroc lighting systems		Program:		pracovní činnost		montáž		číslo listu		1		datum		10.03.2020	
závod	RYCHVALD	VW ID.3		WC				počet listů		1		Pozorovatel		Klepková	
středisko								operátor				směna		ranní	
stanice	popis											součet		arimetr.	
číslo	úkonů	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	počet	
														průměr	
														času/kus	
ST.06	založení	5,4	4,8	5,4	4,8	6,6	6,6	7,2	6	6,6	6			59,4	
	pouzdra	0,09	1,25	2,41	3,41	4,33	0,11	0,12	0,1	1,18	2,13			10	5,94
	založení a zapojení	16,8	16,8	18	15,6		17,4	19,2	19,8	20,4	16,2			160,2	
	HB	0,37	1,53	2,71	3,67		0,4	0,44	0,43	1,52	0,27			9	17,80
	založení	19,2	21,6	16,2	16,2		17,4	18,6	12	12,6	17,4			151,2	
	rohového reflektoru	0,69	1,89	2,98	3,94	4,72	0,69	0,75	0,63	1,73	0,56			9	16,80
	šroubování	22,2	21	15,6	12,6	15,6	13,2	15,6	22,2	14,4	11,4			163,8	
		1,06	2,24	3,24	4,15	4,98	0,91	1,01	1	1,97	0,75			10	16,38
	odložení	6,6	4,8	5,4	4,2	3,6	4,8	3,6	4,2	3,6				40,8	
		1,17	2,32	3,33	4,22	5,04	0,99	1,07	1,07	2,03	0,92			9	4,53
celkem		70,20	69,00	60,60	53,40	25,80	59,40	64,20	64,20	57,60	51,00				61,45

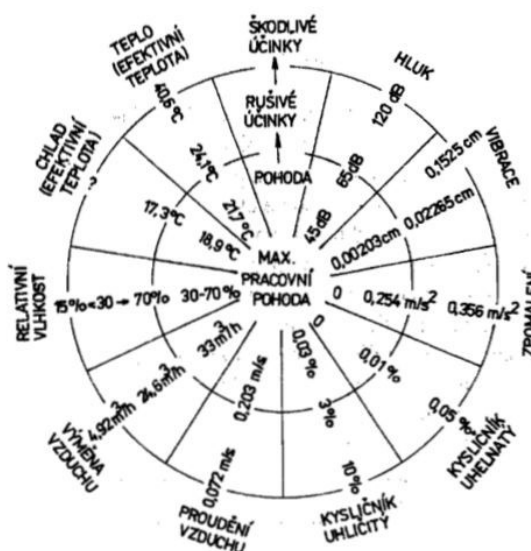


### 1.1.2 Ergonomie u výrobních procesů

Obecně ergonomii řadíme mezi moderní vědeckou disciplínu zabývající se interakcí člověka a pracovního prostředí-ve výrobním (i nevýrobním) procesu. Přizpůsobit pracoviště tak, aby bylo pro uživatele bezpečné a zároveň, co nejvíce produktivní. [5]



Obrázek 2 – Schéma ergonomického systému [5]



Obrázek 3 – Vlivy činitelů na pracovní pohodu [6]

### 1.1.3 Prostorové uspořádání výrobní linky – layout

Prostorové uspořádání výrobní linky vychází z výsledků předešlých rozborů a řešení rozmísťovacích metod. Cílem rozmístění by mělo být optimální uspořádání pracovišť vzhledem k hlavním požadavkům, mezi které patří hospodárnost výroby, přehlednost uspořádání, nevratnost technologického toku, minimální manipulace, minimální prostor a samozřejmě bezpečnost práce. Existuje 5 typů uspořádání, a to: [6]

- volné
  - technologické
  - předmětné
  - modulární
  - buňkové
- } kombinace

## 1.2 Plánování výroby

Plánování výroby je nedílnou součástí oblasti logistiky. Udává co, kdy, kde se bude vyrábět. U plánování je potřeba dodržovat určité principy, zda je výroba proveditelná, a samozřejmě se nesmí zapomínat na propojení plánování ve vztahu k požadavkům zákazníka a zdrojům spotřebního materiálu. [7]

Existuje mnoho systémů v oblasti plánování. Tyto systémy jsou rozděleny do 4 skupin, jsou to:

### 1. Systém MRP

- MRP I (*Material Requirements Planning*) – plánování materiálových potřeb
- MRP II (*Manufacturing Resource Planning*) – plánování výrobních zdrojů

### 2. Systém KANBAN

### 3. Systém vycházející z teorie omezení

- OPT (*Optimized production Technology*)
- DBR (*Drum – Buffer – Rope*)

### 4. Systém vytěžovacího řízení

- BOA (*Belastungsorientierte Auftragsfreigabe*)
- LOC (*Load Oriented Control*). [7]

## 2 Analýza výrobního procesu současného stavu a jeho návaznosti

V této kapitole bude rozebrána charakteristika podniku, přiblížení produktu a současný stav výrobní linky.

### 2.1 Charakteristika podniku

Varroc Lighting Systems – VLS (viz Obrázek 4) patří mezi globálního výrobce a přímého dodavatele pro automobilový průmysl, který se specializuje na návrh, vývoj a výrobu systému vnějšího osvětlení. [8]

Korporace se nezabývá pouze výrobou světlometů, ale dalších komponentů do automobilového vozidla (zpětná zrcátka, bezpečnostní pasy, interiéry automobilů, klikové hřídele, ozubená kola atd.).[10]



*Obrázek 4 – Logo podniku a jeden druh produktu*

#### **Vize**

Mezi vize společnosti VLS patří: [8]

- být globálním lídrem pro nejvýznamnější výrobce automobilů v mnoha oblastech (návrh, výroba, systémová integrace, inovace systému vnějšího osvětlení),
- být společností, která respektuje a odměňuje své zákazníky i akcionáře,
- pečovat o prostředí, které posiluje zaměstnance a povzbuzuje je ke zlepšování.

## Hodnoty

Společnost Varroc Lighting Systems dodržuje pět základních hodnot, nazývaných SHIPS (viz Obrázek 5):

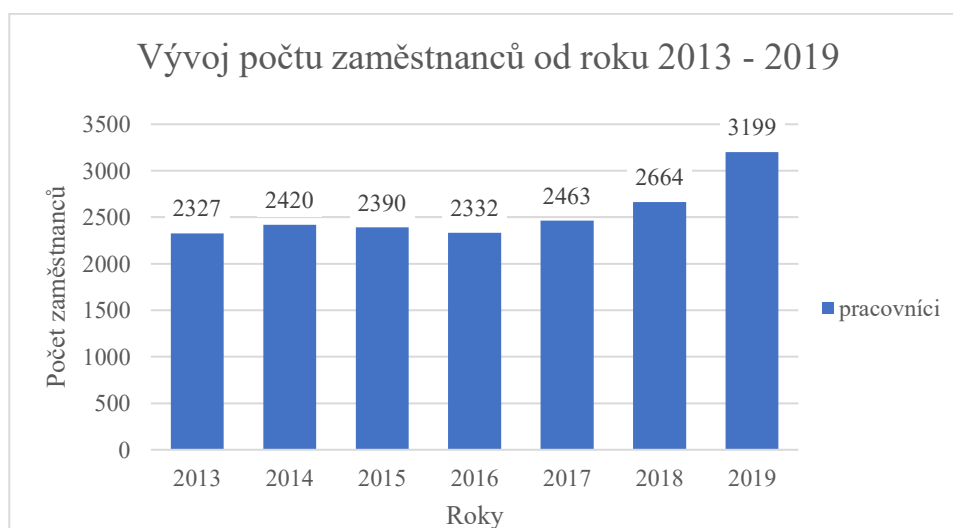
- Upřímnost (*Sincerity*) - Jednat a dělat věci od srdce.
- Pokora (*Humility*) - S každým dobře vycházet.
- Integrita (*Integrity*) - Dělat věci, které jsou správné.
- Vášně (*Passion*) - Navzdory všem překážkám se nevzdávat.
- Sebedisciplína (*Selfdiscipline*) - Umět věci realizovat. [8]



Obrázek 5 – Grafické znázornění hodnot SHIPS [10]

## Zaměstnanci

V grafu (Graf 1) je zřejmý růst počtu zaměstnanců ve výrobních závodech a vývojovém centru, které se nachází na území České republiky. V roce 2016 byl počet zaměstnanců nejnižší, z důvodů ekonomické krize. Na základě rozvíjejících se technologií ve vývoji elektromobilů, došlo v roce 2019 k výraznému nárustu zaměstnanců.



Graf 1 – Vývoj počtu zaměstnanců [11]



## Ocenění a certifikace

Společnost Varroc Lighting Systems získala titul „Dodavatel pro Auto roku“ (Obrázek 6) Výrobní závod VLS v Novém Jičíně vyrobil přední světlomet (viz Obrázek 7 značen oranžově) a VLS Rychvald vyrobil přední mlhové světlo (viz Obrázek 7 značen zeleně).



Obrázek 6 – Titul [12]



Obrázek 7 – Ford Focus Active 2019 [13]

Výrobní závody společnosti VLS sídlící po celém světě, jsou podrobovány auditu. Tento audit je velmi zásadní pro automobilový průmysl, zaměřuje se na kvalitu produkce. Po splnění specifických požadavků, výrobní závod získá certifikát IATF 16949 (*International Automotive Task Force*) (Obrázek 8).[8]



Obrázek 8 – Certifikáty IATF 16949 pro závod v Rychvaldě a Morocco [8]

## 2.2 Historie podniku

**1879**

Historie automobilových světel spadá již do roku 1879, kdy Josef Rotter vybudoval továrnu Joro v Novém Jičíně. V této malé továrně vyráběl svítlny pro povozy a kočáry.

**1950**

V roce 1950 společnost Josefa Rottera nabývá nového názvu Autopal, národní podnik. Výroba je zaměřená na světelnou a chladicí techniku pro všechny druhy motorových a kolejových vozidel.

**1993**

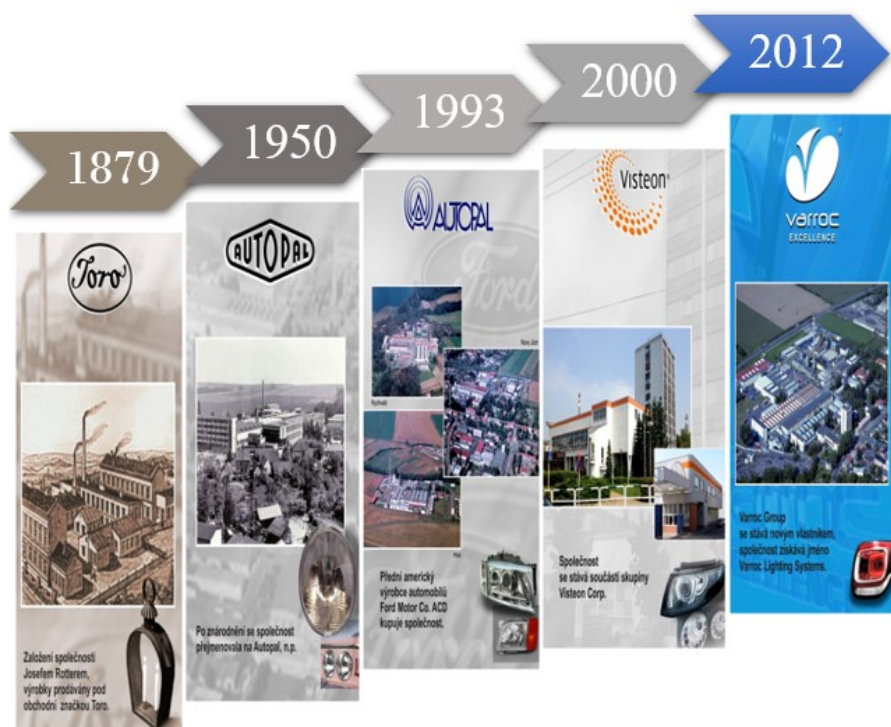
Roku 1993 se Autopal stal vlastnictvím firmy Ford Motor Company.

**2000**

O 7 let později se společnost stala součástí Visteon Corporation s cílem navrhovat, vyvíjet a dodávat plně integrované automobilové systémy.

**2012**

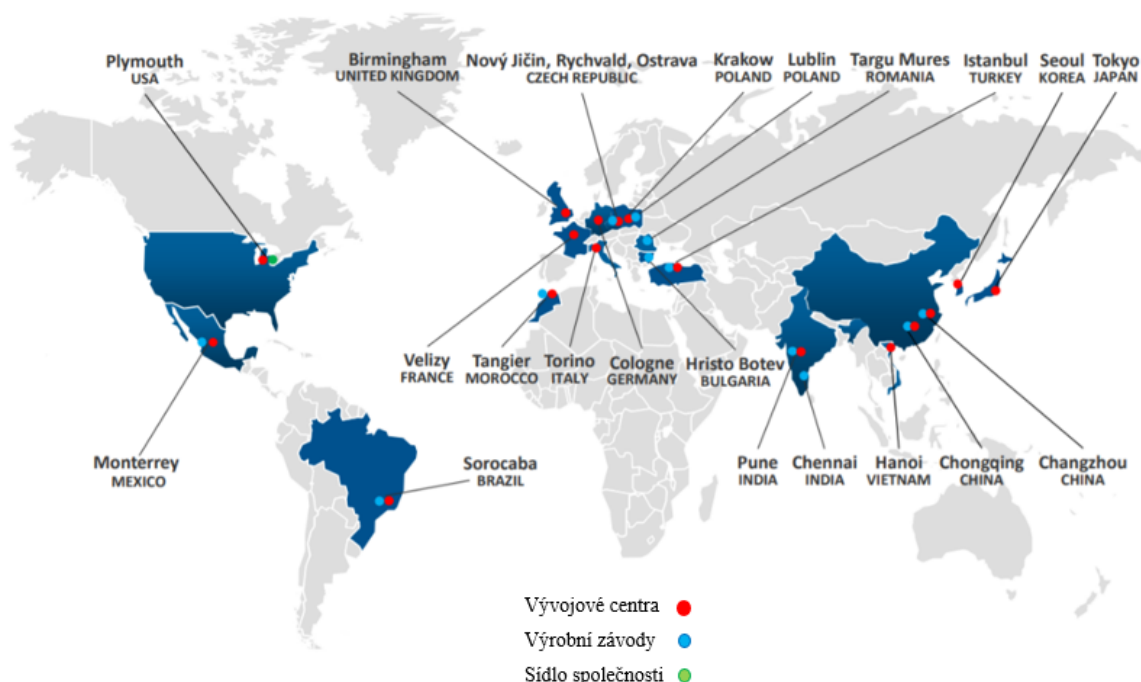
A od roku 2012 se společnost stala součástí mezinárodní skupiny Varroc Group. Varroc Lighting Systems vyvíjí a vyrábí osvětlení pro významné a prestižní automobilové značky. [8]



Obrázek 9 – Časová osa společnosti Varroc Lighting Systems

### 2.3 Sídlo společnosti, výrobní závody a vývojová centra ve světě a u nás

Sídlo společnosti Varroc Lighting Systems se nachází v USA, v Plymouthu. V různých koutech světa lze nalézt výrobní a vývojová centra společnosti Varroc Lighting Systems (viz Obrázek 10). [8]



Obrázek 10 – Mapa výrobních závodů a vývojových center ve světě [14]

V České republice se nachází jak výrobní závody automobilových světlometů, ale také vývojová centra.

Výrobní závod v Novém Jičíně vznikl v roce 1879 (viz Obrázek 11).



Obrázek 11 – VLS Nový Jičín [9]

VLS v Novém Jičíně se zaměřuje na výrobu světlometů, zadních svítek, projektorových jednotek a elektroniky. Nachází se zde také globální vývojová centra vybavená nejmodernějšími technologiemi a zcela novou EMC (zkouška elektromagnetické kompatibility) laboratoří. Součástí areálu VLS je samozřejmě nástrojárna, která je

odpovědná za návrh a výrobu forem, progresivních nástrojů a měřicích zařízení. Ve čtyřech výrobních halách lze nalézt více než 90 vstřikovacích strojů. [8]

Další výrobní závod se nachází v Rychvaldu, který vznikl roku 1969 (viz Obrázek 12).



*Obrázek 12 – VLS Rychvald [8]*

VLS v Rychvaldu se zaměřuje na výrobu světlometů, zadních svítidel, projektorových jednotek, mlhových, denních a pomocných světel. [8]

Jak bylo zmíněno, v České republice se nachází i vývojové centrum, které má pobočku v Ostravě (viz Obrázek 13) je nejmladší součástí Varrocu v Česku.



*Obrázek 13 – Vývojové centrum Ostrava [8]*

Zabývá se vývojem nových předních, zadních světlometů a elektronických řídicích jednotek.



## 2.4 Výrobní portfolio

Nejznámějším produktem jsou již zmíněné automobilové světlomety. Světlomety jednostopých, osobních a dodávkových vozidel. Jednotlivé kategorie produktů mají své podkategorie (viz Tabulka 4).

Tabulka 4 – Rozdělení produktů

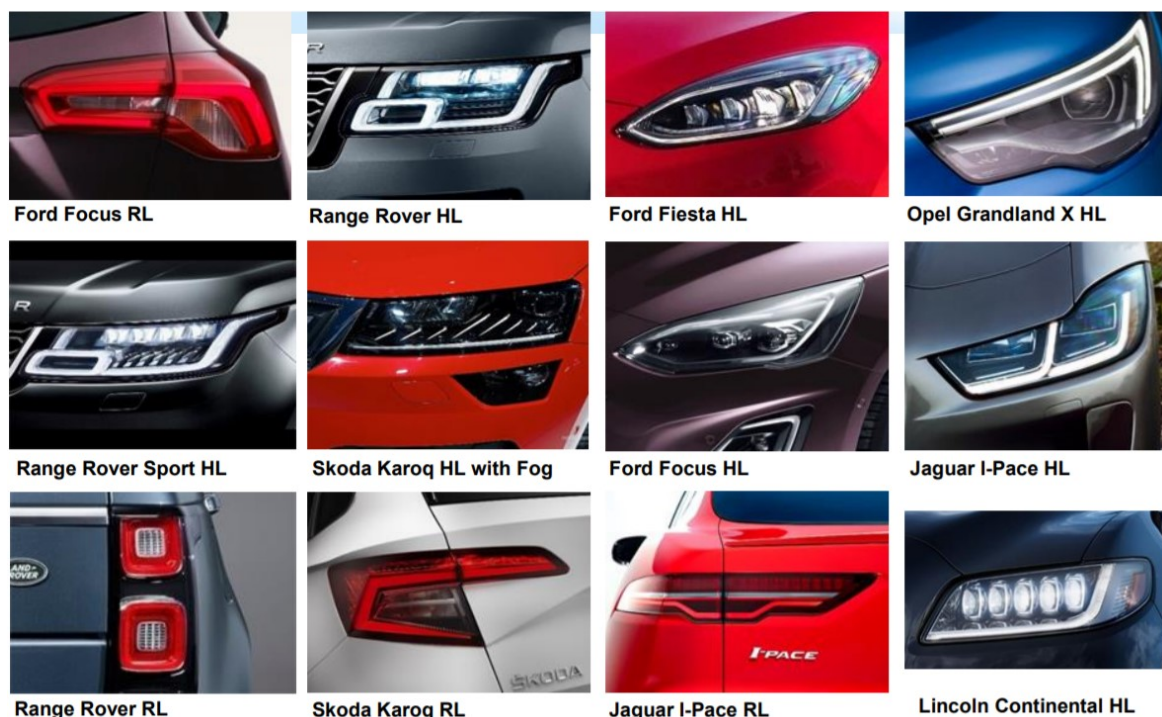
Kategorie	Podkategorie
přední světlomety	<ul style="list-style-type: none"><li>• halogen</li><li>• xenon</li><li>• LED</li><li>• LED s AFS</li><li>• Matrix</li><li>• laser</li></ul>
signální osvětlení	<ul style="list-style-type: none"><li>• žárovky</li><li>• LED</li><li>• světlovody</li><li>• OLED</li><li>• Surface-LED</li></ul>
elektronika	<ul style="list-style-type: none"><li>• řídicí jednotky světlometů</li><li>• LED řídicí moduly</li><li>• LED moduly</li><li>• mechatronika</li></ul>
osvětlení pro jednostopá vozidla	<ul style="list-style-type: none"><li>• signální osvětlení</li><li>• přední světlomety</li></ul>

Světlomety se rozvíjely (viz Obrázek 14) od kočárových lamp připevněných na povozech až po dnešní vzhled zakomponovaný do karosérií automobilů různých tvarů a velikostí.



Obrázek 14 – Vývoj světlometů

V dnešní době vyrábí světlomety do aut, jako jsou například Škoda Karoq, Kamiq, Jaguar F-Pace nebo E-Pace a Bentley Continental, některé z dalších druhů světlometů jsou zobrazeny níže na obrázku (Obrázek 15).



Obrázek 15 – Typy světlometů

### Zákazníci podniku

Společnost vyrábí světlomety různým automobilkám (viz Obrázek 16). Mezi nejznámější zákazníky patří Bentley, Tata, Ford, Jaguar Land Rover, The VW Group, FCA, Groupe PSA.



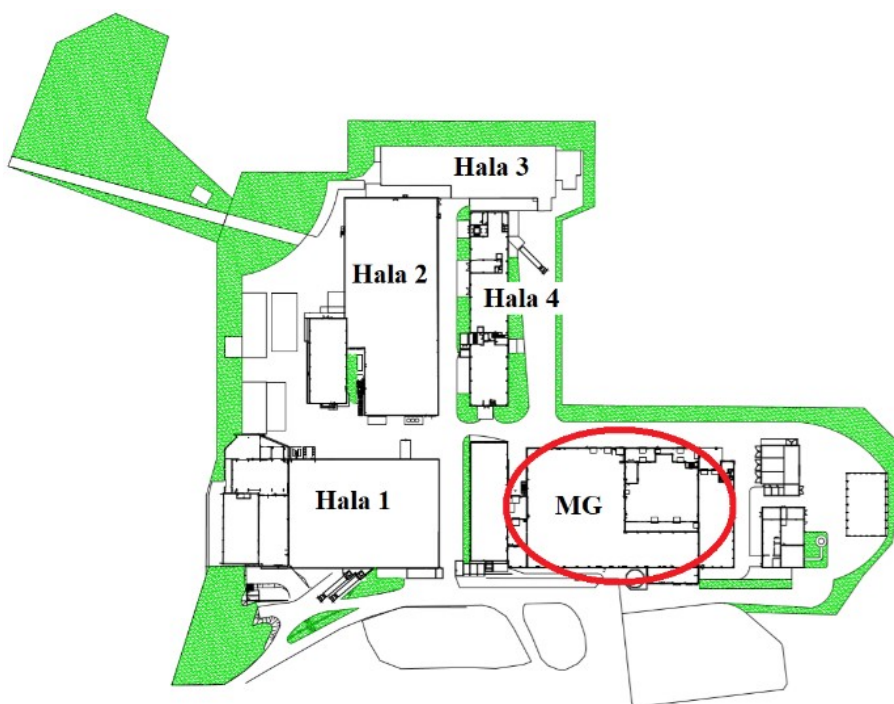
Obrázek 16 – Příklady zákazníků z automobilového průmyslu

## 2.5 Specifikace vyráběného produktu a analýza výrobní linky

### 2.5.1 Charakteristika výrobního závodu Rychvald

VLS Rychvald se zabývá výrobou světlometů, zadních světilen, projektorových jednotek, mlhového, denního a pomocného osvětlení.

Ve výrobním závodě Rychvald (viz Obrázek 17) se nachází 5 výrobních hal, skladovací, expediční prostory a administrativní sektor (technologie, logistika, personální oddělení atd.) a další potřebné prostory jakou jsou laboratoře, vrátnice, chemické prostory aj.



Obrázek 17 – Areál výrobního závodu Varroc Lighting Systems Rychvald [10]

Výrobní haly zahrnují plně automatizované vstřikovací stroje (viz Obrázek 18), stroje pro polévání (hard coat a base coat), antifog linky (automatické nanášení nátěru proti zamlžování), pokročilé monitorování toku materiálu a inteligentní zařízení pro řízení logistiky. Vysoce kvalitní fotometrický sál vybavený goniometrem. Adaptabilní montážní linky (viz Obrázek 19) se systémem sledování. [8]



Obrázek 18 – Vstřikovací stroje ENGEL [15]

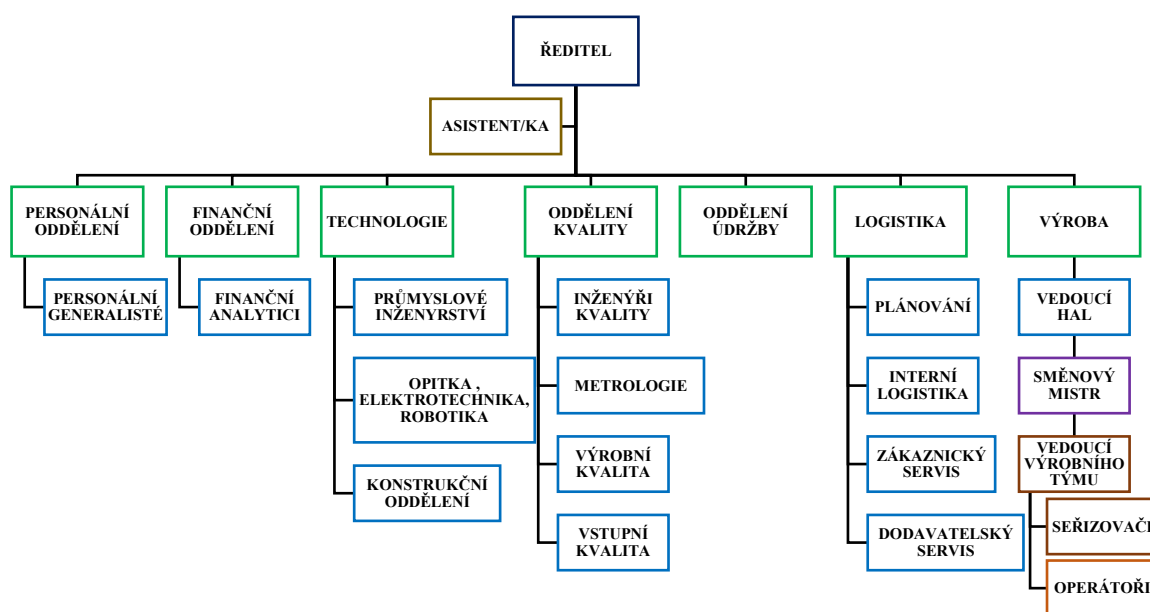




Obrázek 19 – Montážní linka pro Jaguar F pace [16]

## Organizační struktura VLS RY

Jako každý podnik má Varroc Lighting Systems svou organizační strukturu (Obrázek 20).

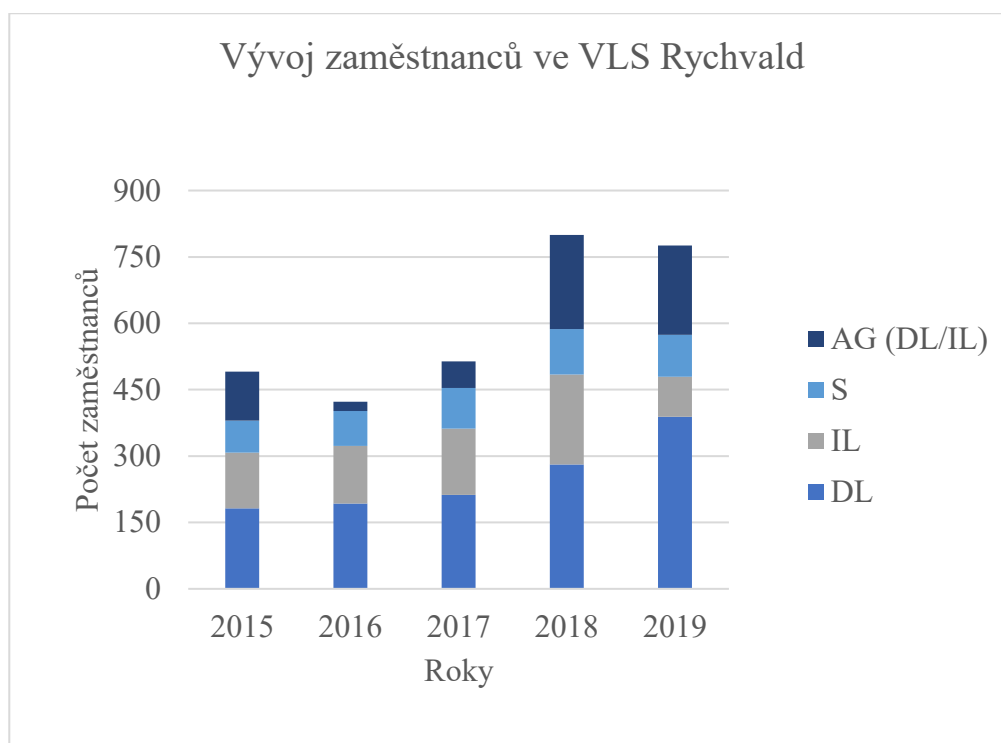


Obrázek 20 – Schématické znázornění organizační struktury

## Zaměstnanci VLS Rychvald

Zaměstnanost ve VLS Rychvald se výrazně navýšil (viz Graf 2) na základě zavádění nových výrobních produktů. V grafu je barevná škála, která vyznačuje jednotlivé sektory a to:

- DL, kde se jedná o pracovníky, kteří se přímo podílí na výrobě světlometů (operátoři výrobní linky),
- IL, jsou to pracovníci, kteří se nepodílí přímo na výrobě, ale napomáhají jí (manipulanti),
- S, jsou pracovníci v sektoru administrativy (plánovači, personalisté, technologové atd.),
- AG je zkratka pro externí pracovníky, kteří jsou najímáni pro výpomoc jak na pozici operátora či manipulanta.



*Graf 2 – Růst zaměstnanců ve VLS Rychvald [9]*

### 2.5.2 Specifikace výrobku

Ve výrobní hale MG se nachází výrobní linka pro výrobu nového produktu pro společnost Volkswagen. Jedná se o světlomet do elektromobilu VW ID.3 (Obrázek 21), který se představil na automobilovém veletrhu v německém Frankfurtu v září roku 2019. Podle informací by se mělo jednat o roční výrobu v počtech 100 000 ks automobilů. [17]



*Obrázek 21 – Volkswagen ID.3 [18]*

### 2.5.3 Specifikace výrobní linky

V roce 2018 se v areálu VLS RY vybudovala nová výrobní hala (viz Obrázek 22). Moderní prostory umožnily záводу rozběhnout výrobu nových světlometů.

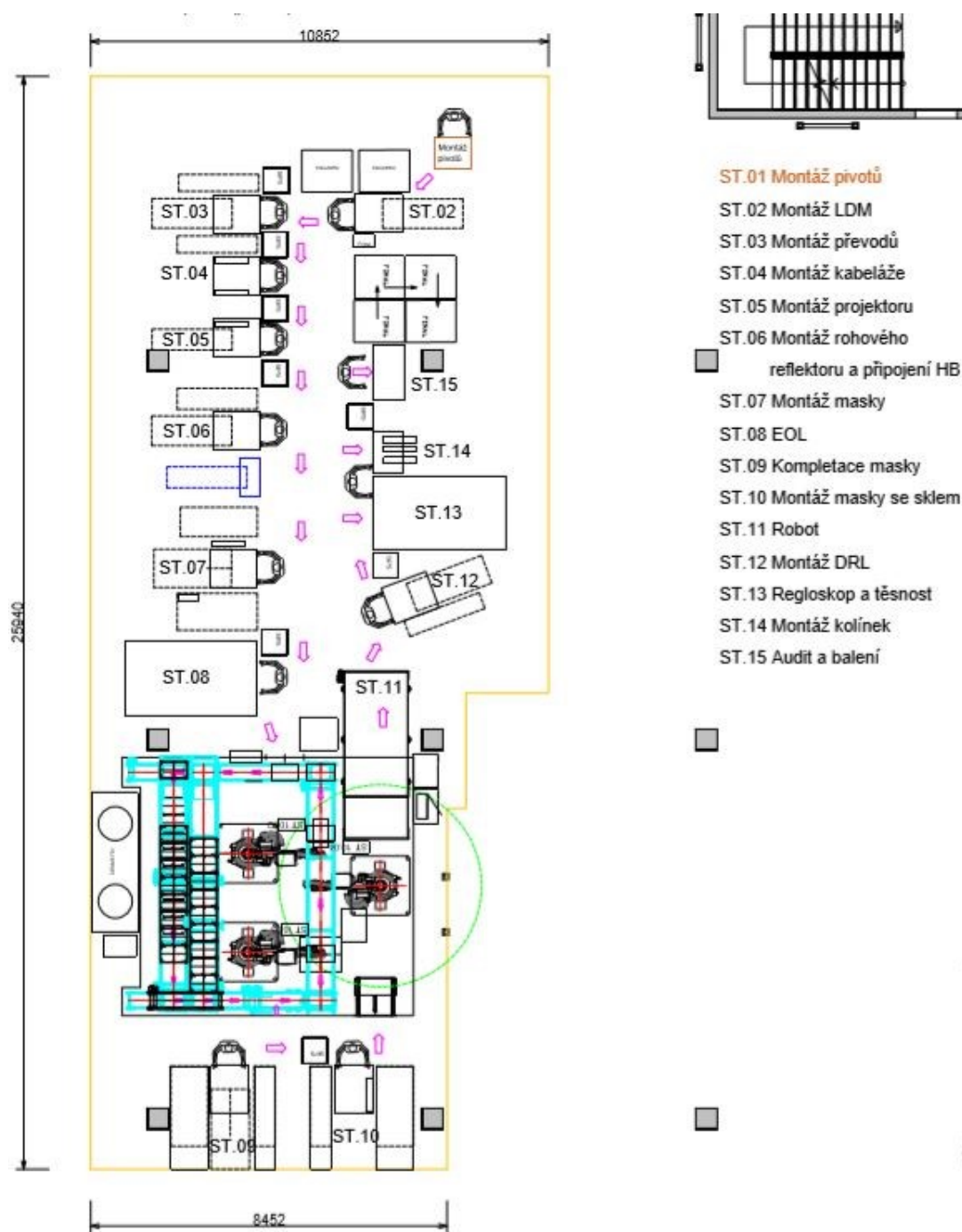


*Obrázek 22 – Hala MG [19]*

U výrobní linky pro produkt VW ID.3 bylo prostorové uspořádání plánováno především podle složitosti vyráběného předního světlometu, ustavení stanic výrobní linky do malého prostoru a bezpečnost práce. Dalšími faktory byly minimální manipulace, přehlednost uspořádání a plynulý tok procesu. Výsledkem těchto požadavků byl prvotní návrh (Příloha A; varianta 1), který obsahoval 15 stanic a tři robotická ramena v ohraničeném prostoru. Tok linky se plánoval s počátkem vstupujících dílců po pravé straně, směrem k robotickým ramenům a od nich se měly dále vracet po levé straně hotové lampy. Tento návrh nebyl zrealizovaný, kvůli následným rozborům týkajícím se manipulací doplňujícího materiálu do linky a následného vývozu hotových lamp na expedici.

### 2.5.4 Původní layout výrobní linky

Zrealizovaný návrh (Obrázek 23) se lišil od prvotního otočením o 180° a lehké úpravě počtu stanic, jelikož se jiný druh VW skládá z jiných komponentů a potřebuje svou speciální stanici. Na jedné výrobní lince se plánuje vyrábět více druhů světlometů. Jedná se o nepárovou výrobu. To značí, že jednotlivé přípravky slouží pouze pro montáž pravého či levého světlometu VW ID.3 a dalších variant produktu.



Obrázek 23 – Původní ustavení výrobní linky

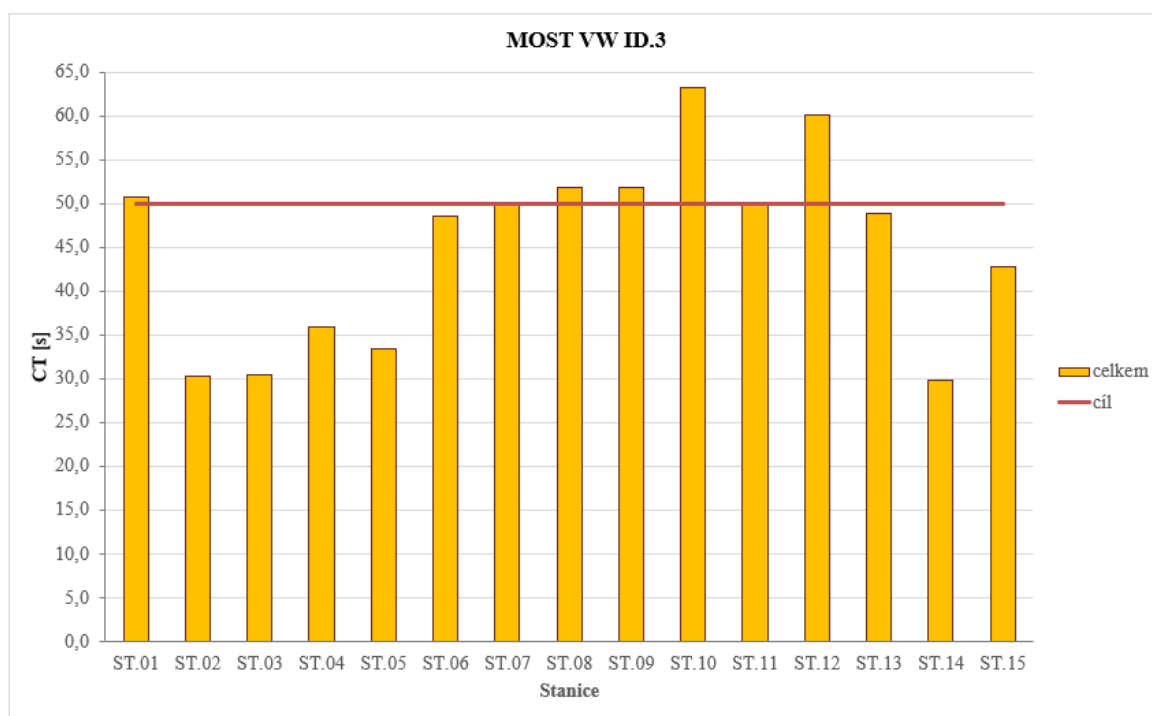
### 2.5.5 Prvotní náběh produktu do výroby (MOST)

Dříve než se celá výrobní linka ustavila, zapojila a zprovoznila se veškerá zařízení, ve výrobní hale, Varroc Lighting Systems Rychvald (VLS RY), musel se vytvořit tzv. MOST (*Maynard Operation Sequence Technique*). Tato nepřímá metoda měření je první krok, který napomáhá k pozdější kontrole sledu operací a jeho času cyklu (CT). Pro nepřímé měření jsem využila metodu Basic MOST. Výsledný souhrn jednotlivých operací je uveden v tabulce (Tabulka 5).

Tabulka 5 – Basic Most VW

Stanice	Popis operace	<i>MOST</i>	<i>Cíl</i>
		CT [s]	CT [s]
<b>ST.01</b>	Montáž pivotů	50,68	<b>50</b>
<b>ST.02</b>	Montáž LDM	30,24	<b>50</b>
<b>ST.03</b>	Montáž převodů	30,54	<b>50</b>
<b>ST.04</b>	Montáž kabeláže	36,00	<b>50</b>
<b>ST.05</b>	Montáž projektoru	33,48	<b>50</b>
<b>ST.06</b>	Montáž rohového reflektoru a připojení HB	48,60	<b>50</b>
<b>ST.07</b>	Montáž masky	50,04	<b>50</b>
<b>ST.08</b>	EOL	51,85	<b>50</b>
<b>ST.09</b>	Kompletace masky	51,84	<b>50</b>
<b>ST.10</b>	Montáž masky se sklem	63,21	<b>50</b>
<b>ST.11</b>	Robot	50,00	<b>50</b>
<b>ST.12</b>	Montáž DRL	60,12	<b>50</b>
<b>ST.13</b>	Regloskop + těsnost	48,85	<b>50</b>
<b>ST.14</b>	Montáž kolínek	29,88	<b>50</b>
<b>ST.15</b>	Audit a balení	42,84	<b>50</b>
<b>Suma CT</b>		<b>678,17</b>	<b>750,00</b>
<b>Procenta</b>		<b>90,42%</b>	<b>100,00%</b>

Podle celkového zhodnocení Basic MOSTu by se nemělo jednat o problémový proces výroby, jelikož nebylo překročeno 100 % časového využití toku linky. Z Tabulka 5 je patrné, že se mělo jednat o necelou 10 % rezervu procesu do budoucna.

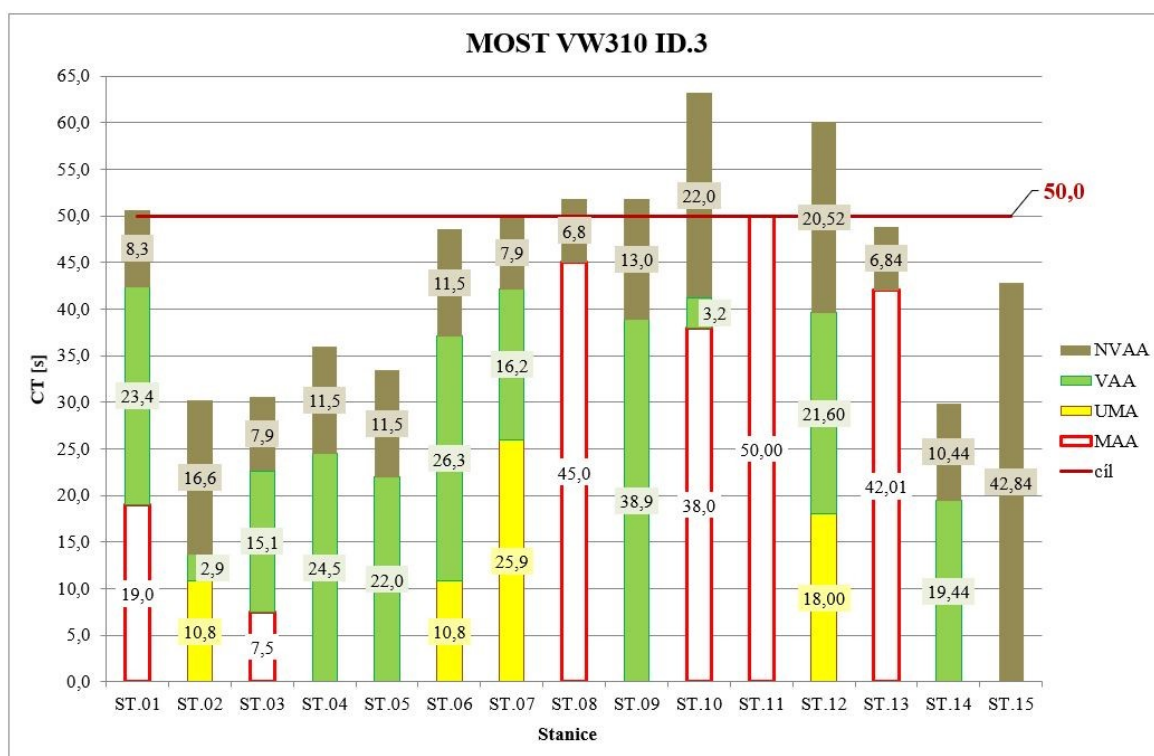


Graf 3 – Souhrnný MOST všech stanic



Z ergonomického hlediska se zdůrazňuje jaké pohyby jsou pro výrobu důležité a které můžeme minimalizovat. V následujícím grafu (Graf 4) jsou rozfázované jednotlivé stanice. Jedná se o rozdělení podle činnosti, a to:

- NVAA (*non value added activities*) nepřidaná hodnota, kterou se v průběhu optimalizace snažíme eliminovat nebo alespoň minimalizovat (zbytečná chůze, zdlouhavá kontrola kvality dílců, přesun prázdného obalového materiálu atd.),
- VAA (*value added activities*) přidaná hodnota, je uvažována v případě vkládaného komponentu, navyšuje postupně cenu finální lampy,
- UMA (*usable machine activities*) využitelný strojní čas (ruční šroubování aku šroubovákem), který v případě dlouhého času přetváříme na automatický strojní čas,
- MAA (*machine automatic activities*) automatický strojní čas (strojní seřízení, automatický stacionární šroubovák atd.).



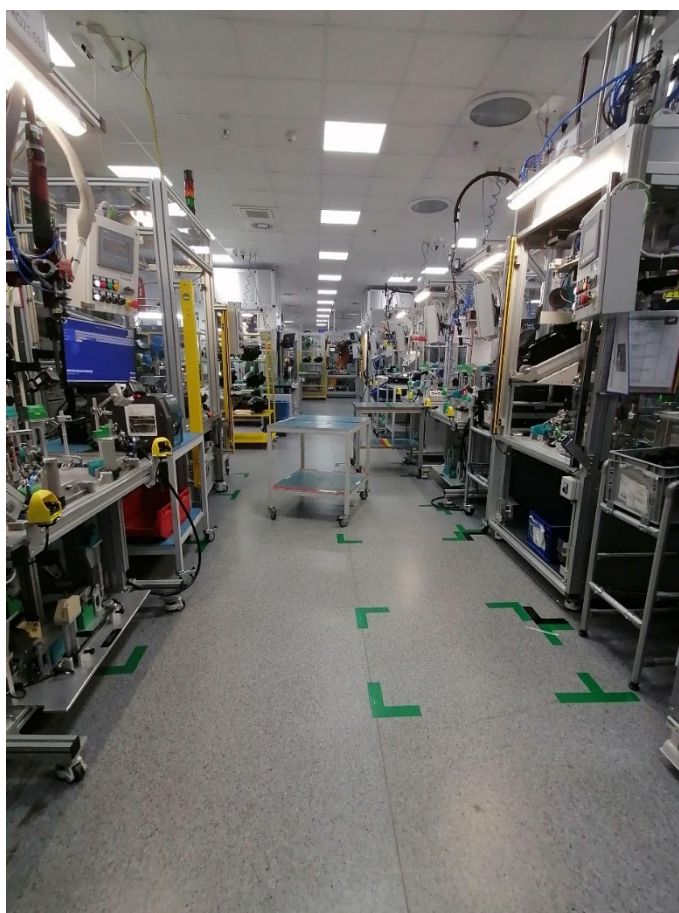
Graf 4 – Rozfázované jednotlivé stanice VW\_MOST

Z Graf 4 je patrné, že některé stanice nebudou splňovat požadovaný cíl tedy hodnotu 50 s.

Dle závažnosti překročení cílového času 50 s, byly vytvořeny 3 okruhy, které bude potřeba vyřešit (Tabulka 6).

Tabulka 6 – Závažnost překročení cílového času u metody MOST

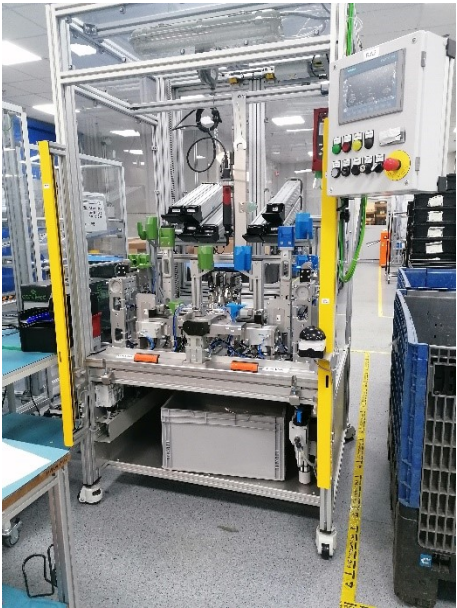

Závažnost	Stanice	Doporučené řešení
<i>Hraniční časy</i>	ST.01 – montáž pivotů ST.11 – robotická ramena	Zrychlení těchto dvou stanic bude záležet na zručnosti operátora.
<i>Lehké překročení</i>	ST.08 – EOL ST.09 – kompletace skla	Zde se bude jednat o vyladění strojního času u EOLu a zřejmě o zručnosti operátora.
<i>Velký časový skok</i>	ST.10 – montáž skla ST.12 – montáž DRL	U těchto dvou stanic se bude uvažovat o eliminaci zbytečných činností nebo přesunutí některých úkonů k jiným stanicím.

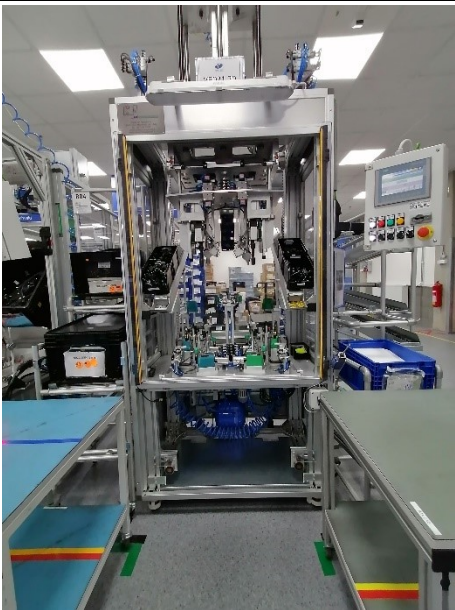



Obrázek 24 – Čelní pohled na celou výrobní linku



Celá výrobní linka pro produkt VW ID.3 se skládá z 15 základních stanic. Jednotlivé stanice jsou specifikovány v tabulce (Tabulka 7).

Tabulka 7 – Popis jednotlivých stanic

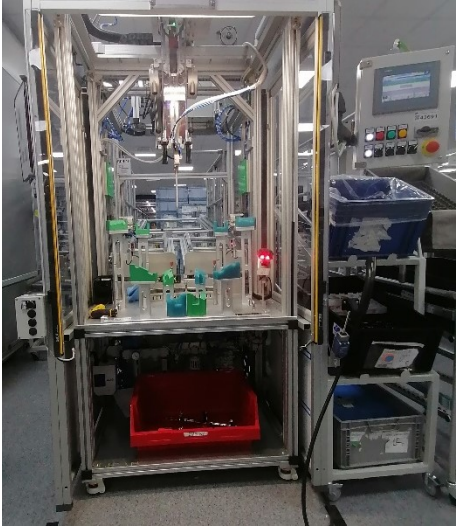

Značení stanice	Název stanice	Popis činností a zařízení
	Obrázek stanice	
ST.01	Montáž pivotů	Kompletace pivotů a plíšků do pouzdra Lisovací stroj s aku šroubovákem
		
ST.02	Montáž LDM	Kompletace LDM do pouzdra Zařízení se stacionárním šroubovákem s automatickým nabíjením šroubků
		



Značení stanice	Název stanice	Popis činností a zařízení
	Obrázek stanice	
ST.03	Montáž převodů	Kompletace převodů do pouzdra Lisovací stroj
		
ST.04	Montáž kabeláže	Kompletace kabeláže do pouzdra —
		







Značení stanice	Název stanice	Popis činností a zařízení
	Obrázek stanice	
ST.05	Montáž projektoru	Kompletace projektoru do pouzdra —
		
ST.06	Montáž rohového reflektoru a připojení HB	Kompletace dvou dílců do pouzdra Aku šroubovák
		



Značení stanice	Název stanice	Popis činností a zařízení
	Obrázek stanice	
ST.07	Montáž masky	Šroubování masky do pouzdra Stacionární šroubovák s automatickým nabíjením šroubků dvouosým řízeným pohybem
		
ST.08	EOL	Strojní seřízení projektoru, HB a rohového reflektoru
ST.09	Kompletace masky	Kompletace masky —
		

Značení stanice	Název stanice	Popis činností a zařízení
	Obrázek stanice	
ST.10	Montáž masky se sklem	Šroubování masky do skla Stacionární šroubovák s automatickým nabíjením šroubků tříosým řízeným pohybem
		
ST.11	Robot	Plazmové čištění drážky, lepení, sponkování a odložení kusu na pás Robotické ramena
		

Značení stanice	Název stanice	Popis činností a zařízení
	Obrázek stanice	
ST.12	Montáž DRL	Kompletace DRL do pouzdra Zařízení se stacionárním šroubovákem s automatickým nabíjením šroubků
		
ST.13	Regloskop + těsnost	Strojní seřízení hotové lampy a kontrola těsnosti
		

Značení stanice	Název stanice	Popis činností a zařízení
	Obrázek stanice	
ST.14	Montáž kolínek	Kompletace kolínek do pouzdra —
		
ST.15	Audit	Finální kontrola a balení —
		



### 2.5.6 Měření výrobního procesu (chronometráže) v roce 2019

Již při vytvoření Basic MOSTu byly zjištěny problémové stanice. Po instalaci a zapojení výrobní linky bylo nutné prověřit, zda stanice uvedeny v tabulce (Tabulka 5), které nesplňují požadovanou hodnotu 50 s, budou opravdu úzkým místem výrobní linky.

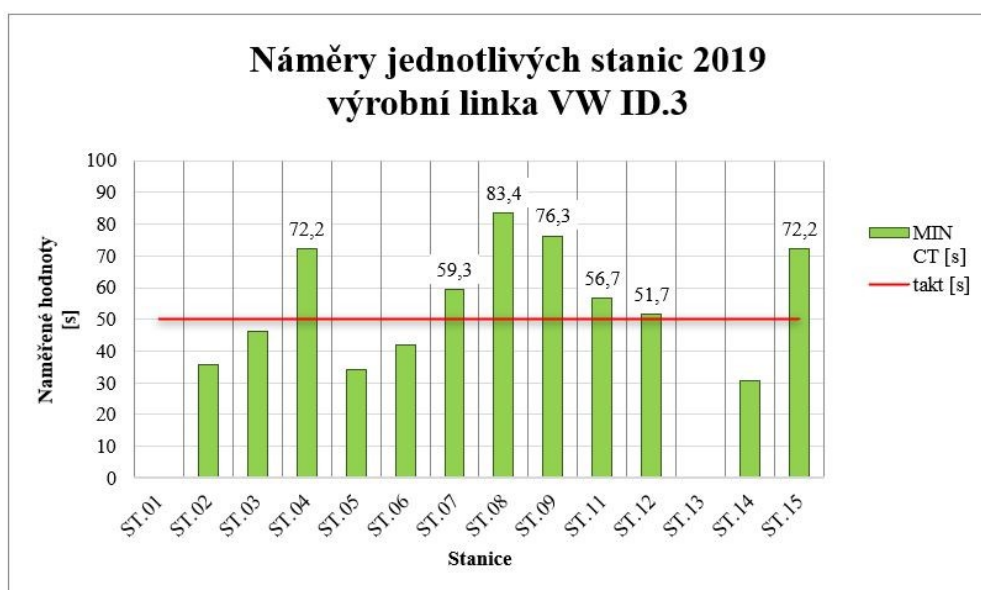
K zjištění úzkých míst bylo zapotřebí celý proces výroby zaznamenat pomocí přímé metody normování práce, přesněji chronometráží jednotlivých operací.

Za pomoci stopek a záznamového archu jsem proměřila výrobní linku VW ID.3. Souhrnné náměry za rok 2019 (Tabulka 8).

Tabulka 8 – Souhrnné náměry z roku 2019

Stanice	Popis operace	MIN CT [s]	Cíl. CT [s]
ST.01	Montáž pivotů	0,0	50
ST.02	Montáž LDM	35,7	
ST.03	Montáž převodů	46,3	
ST.04	Montáž kabeláže	72,2	
ST.05	Montáž projektoru	34,1	
ST.06	Montáž rohového reflektoru a připojení HB	42,0	
ST.07	Montáž masky	59,3	
ST.08	EOL	83,4	
ST.09	Kompletace masky	76,3	
ST.10	Montáž masky se sklem	54,9	
ST.11	Robot	56,7	
ST.12	Montáž DRL	51,7	
ST.13	Regloskop + těsnost		
ST.14	Montáž kolínek	30,8	
ST.15	Audit a balení	72,2	

Na základě tabulky (Tabulka 8) byl pro přehlednost sestaven graf (viz Graf 5).



Graf 5 – Chronometráž – náměry výrobní linky po změnách r.2019



V roce 2019 se nestihly zaznamenat pomocí chronometrů některé stanice z důvodů ladění stanic, např. lepší naprogramování při seřízení projektoru a v případě první stanice (montáž pivotů) se jednalo o to, že se ještě nenacházela na půdě výrobního závodu VLS RY.

Stanice překračující cílový CT 50 s měla různý problém. Ať už v pomalém stroji nebo obtížné montáži samotných dílců do prvotního komponentu (pouzdra) nebo ve špatném ergonomickém uspořádání.

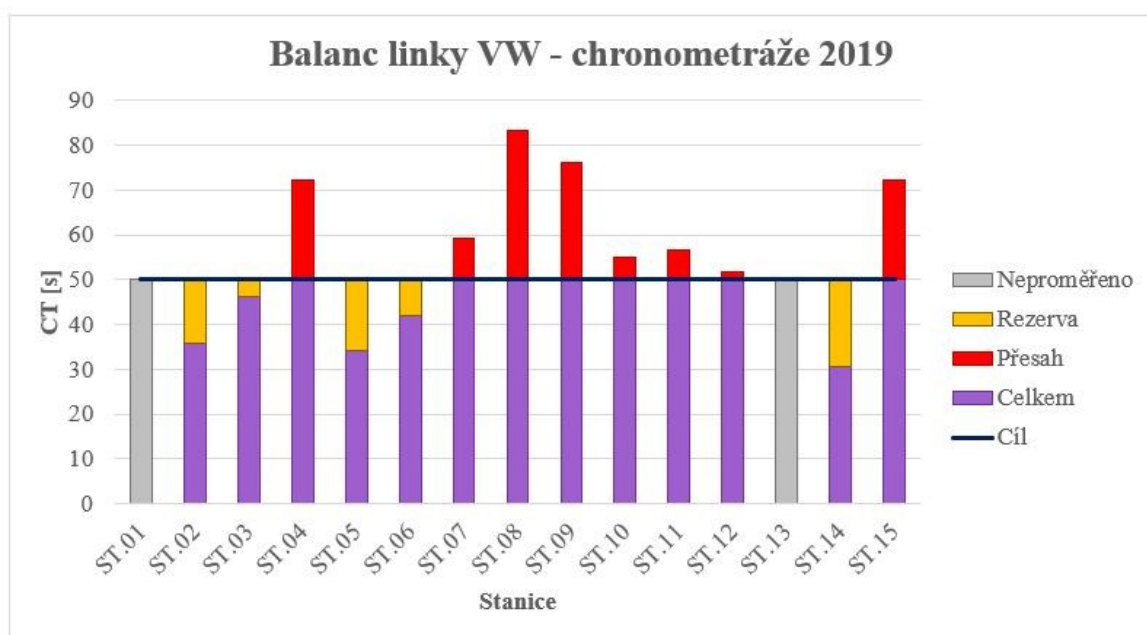
Z Graf 5 je patrné, že mezi problémové stanice se řadilo osm stanic, a to ST.04 (montáž kabeláže), ST.07 (montáž masky), ST.08 (EOL), ST.09 (kompletace skla), ST.10 (montáž skla), ST.11 (robot), ST.12 (montáž DRL) a ST.15 (audit a balení).

### 2.5.7 Balancování linky v roce 2019

Pro lepší vyrovnaní pracovní zátěže mezi operátory byla sestavena tabulka (Tabulka 9), je zde patrné, že některé stanice překračují cílový takt linky, který je 50 s.

*Tabulka 9 – Balanční graf z náměru r. 2019 (hodnoty v sekundách)*

Značení stanice	DL MOST	DL AWS	Celkem	Přesah	Rezerva	Neproměřeno	Cíl
ST.01	1,0	1,0	0,0			50,0	50,0
ST.02	1,0	1,0	35,7		14,3		50,0
ST.03	1,0	1,0	46,3		3,7		50,0
ST.04	1,0	1,0	72,2	-22,2			50,0
ST.05	1,0	1,0	34,1		15,9		50,0
ST.06	1,0	1,0	42,0		8,0		50,0
ST.07	1,0	1,0	59,3	-9,3			50,0
ST.08	1,0	1,0	83,4	-33,4			50,0
ST.09	1,0	1,0	76,3	-26,3			50,0
ST.10	1,0	2,0	54,9	-4,9			50,0
ST.11	0,0	0,0	56,7	-6,7			50,0
ST.12	1,0	1,0	51,7	-1,7			50,0
ST.13	0,5	1,0	0,0			50,0	50,0
ST.14	0,5	1,0	30,8		19,2		50,0
ST.15	1,0	1,0	72,2	-22,2			50,0
celkem	13,0	15,0	715,59	-126,71	61,12	100,00	750,00



*Graf 6 – Balanční graf z náměru r.2019*

Z balančního grafu (Graf 6) je zřejmé, že by se mohly některé činnosti ze ST.04 (montáž kabeláže) přesunout na následující (montáž projektoru) a předcházející stanici (montáž převodů), dále u stanice 15, by se také jednalo o částečný přesun úkonů k předcházející stanici (ST.14 montáž kolínek). U ST.08 se jednalo o vyladění strojního času.

## 2.6 Požadavky a plánování

### Požadavky

Na základě všech měření celého toku výrobní linky VW a jejich dalších produktů je nutná návaznost na plánování, které závisí na požadavcích zákazníka. Zákazník zasílá výhledové požadavky do konce roku a aktualizuje jednou týdně, podle toho se uzpůsobuje výroba. Na výrobu VW ID.3 se některé základní materiály a komponenty dováží z různých částí světa a některé si VLS RY vyrábí sám. Mezi tyto vyráběné komponenty patří například sklo, projektor, reflektor a další.

### Plány

Plánovač/ka se musí těmto požadavkům podřídit, ovšem musí také dbát na to, že VLS závod RY mívá celozávodní čtrnáctidenní dovolenou. Na výrobní lince VW se plánuje do budoucna třísměnný provoz a podle toho se musí skládat denní plán. V současné době se vyrábí pouze ve dvousměnném provozu z důvodů chybějících vstupních dílců.

U výpočtu kusů za směnu se bere časový fond 7 hodin. Podnik má zavedeny povinné půlhodinové přestávky a ergonomické přestávky dané zákoníkem práce (nařízení vlády č. 361/2007 Sb.). Přesnější rozfázování pracovního fondu 7 hodin je uvedeno v tabulce (tabulka viz níže). [20]

*Tabulka 10 – Rozfázovaný časový fond za ranní směnu*

Hodiny [h]		Zkrácený čas [min]	Důvod zkrácení
od	do		
6:00	7:00	5	příprava a kontrola materiálu dle plánu
7:00	8:00		
8:00	9:00	10	ergonomická přestávka
9:00	10:00		
10:00	11:00	30	povinná půlhodinová přestávka
11:00	12:00		
12:00	13:00	10	ergonomická přestávka
13:00	14:00	5	úklid na pracovištích
8		60	

*Tabulka 11 – Rozdělení pracovního fondu*

Hodiny [h]	Minuty [min]	Sekundy [s]
8	480	28 800
1	60	3 600
7	420	25 200

### Výpočet ks/ směnu v případě cílového CT

Pro výpočet kusů za směnu se počítá sedmi hodinový fond (viz Tabulka 11) a cílový čas se doplňuje 50 s.

$$V_{\text{cíl}} = \frac{T}{t_{\text{cíl}}} [\text{s}] \quad (1)$$

$$V_{\text{cíl}} = \frac{T}{t_{\text{cíl}}} = \frac{25\,200}{50} = 504 \text{ ks}$$

Kde:

$V_{\text{cíl}}$  – cílový počet vyrobených kusů za směnu [ks]

$T$  – čas za směnu [s]

$t_{\text{cíl}}$  – cílový čas [s]

### Výpočet ks/ směnu v případě skutečného CT

Pro výpočet kusů za směnu se počítá sedmi hodinový fond a aktuálně maximální čas se doplňuje na základě chronometráží z roku 2020. Nejdelší čas byl naměřen u kompletace masky, kde se čas činnosti pohybuje na 65,19 s.

$$V_{\text{skut}} = \frac{T}{t_{\text{skut}}} [\text{s}] \quad (2)$$

$$V_{\text{skut}} = \frac{T}{t_{\text{skut}}} = \frac{25\,200}{65,19} = 386,5 \doteq 387 \text{ ks}$$

Kde:

$V_{\text{skut}}$  – skutečný počet vyrobených kusů za směnu [ks]

$T$  – čas za směnu [s]

$t_{\text{skut}}$  – skutečný (maximální) čas [s]

### Rozdíl ks/ směnu v případě cílového CT a skutečného CT

$$V_{\text{cíl}} - V_{\text{skut}} \quad (3)$$

$$504 - 387 = 117$$

Kde:

$V_{\text{cíl}}$  – cílový počet vyrobených kusů za směnu [ks]

$V_{\text{skut}}$  – skutečný počet vyrobených kusů za směnu [ks]

Podle předcházejícího výpočtu by měl plánovač počítat s nižším objemem vyrobených kusů za směnu (-117 ks), z důvodů pomalejší výroby komponentů na stanici 09.

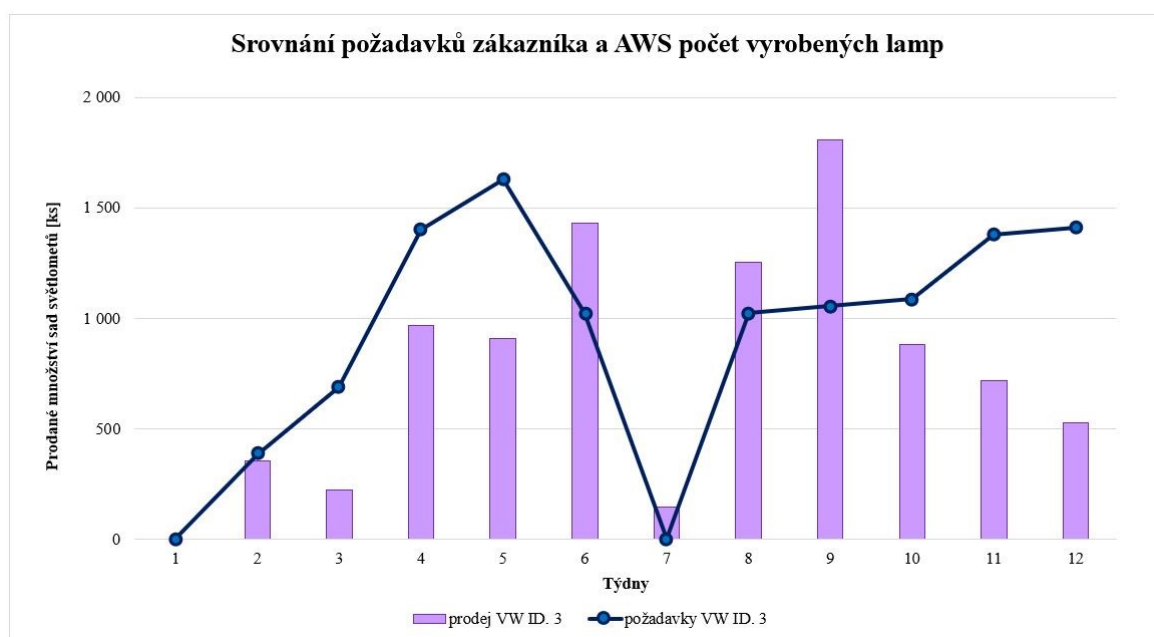
## Porovnání požadavků a plánů v SAP systému

Z grafu, který je uveden v příloze B, je patrný početní rozdíl mezi požadavky zákazníka a plány, které vytváří plánovač/ka.

Navýšení mezi plány a požadavky se pohybuje od 20 do 30 %. Tyto hodnoty jsou tzv. *dummy cody* neboli fiktivní požadavky zákazníka, které zadávají plánovači do systému SAP, na základě informací ze zákaznického oddělení. Fiktivní požadavky zákazníka se zadávají k základním požadavkům kvůli předpokládaným skokům v týdenních aktualizacích. Přihlíží se i na to, že se jedná o nový rozjíždějící proces výroby, takže se bere ohled na zvýšenou zmetkovitost, která se pohybuje 4 až 5 %. Část komponentů se používá pro tréninkové kusy, které slouží k metrologickým měřením, k odchycení kvalitativních problémů a následně k montážním potížím nebo k ladění strojních zařízení.

## Porovnání požadavků a skutečné výroby

Z grafu (Graf 7), je zřejmý rozdíl mezi požadavky zákazníka a odvedenou výrobou. Důvodem těchto skoků je částečně kvalita a kvantita dováženého spotřebního materiálu a technické problémy na výrobní lince.



Graf 7 – Grafické znázornění požadavků a skutečného prodeje VW ID.3



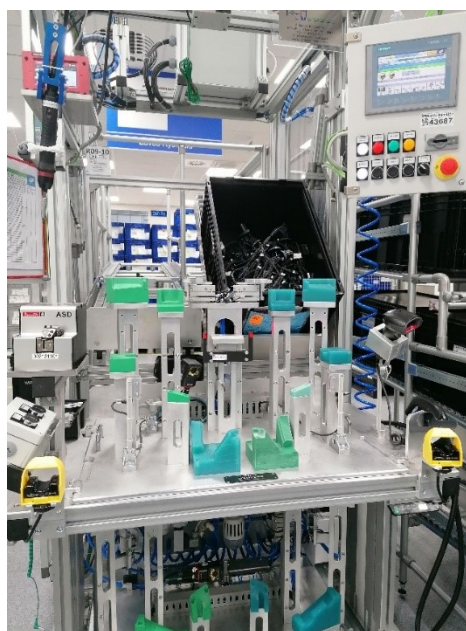
### 3 Vyhodnocení analýzy, nalezení úzkých míst

V následující kapitole vyhodnocení analýzy jsem na základě původního návrhu a chronometráží zjistila úzká místa.

#### 3.1 Nalezení úzkých míst

Již při vytvoření Basic MOSTu byly zjištěny problémové stanice. Po instalaci a zapojení výrobní linky bylo nutné prověřit, zda stanice uvedeny v tabulce (Tabulka 8), které nesplňují požadovanou hodnotu 50 s, budou opravdu úzkým místem výrobní linky.

Na stanici 4 (ST.04), která je určená k montáži kabeláže do pouzdra (viz Obrázek 25), byl naměřen dlouhý čas operace z důvodů náročného zacvakávání kabeláže. Z konstrukčního hlediska byly tzv. stromečky o dost větší než otvory. Následně se objevil problém u celkové ohebnosti kabeláže. Operátor musel vyvinout větší sílu při zasazování do pouzdra.



*Obrázek 25 – Stanice pro montáž kabeláže*

Na stanici 7 (ST.07 viz Obrázek 26), jejíž náplní je montáž masky, se za pomoci automatického šroubováku šroubuje maska do rozpracovaného kusu. Překročení času 50 s bylo z důvodů dlouhého automatického nabíjení šroubků a dlouhého najíždění stacionárního šroubováku.



*Obrázek 26 – Stanice pro montáž masky*

Na stanici 8 (ST.08) EOL se jedná o dlouhé strojní seřizování dílců zakomponovaných do pouzdra z předcházejících operací (projektor, rohový reflektor a HB).

Dále na stanici 9 (ST.09 viz Obrázek 27), kde se kompletuje maska, která se na další stanici vkládá do skla a následně vkládá do přípravku k robotu. Problém na této stanici byl hlavně na základě konstrukce komponentů. Všechny kompletované dílce jsou lisované a následně i pokovené. Ovšem tím, že tato výroba se teprve rozjíždí, nejsou podchyceny všechny vady. Tímto poukazují na právě dlouhý čas operace. Jedná se totiž o dlouhou vizuální kontrolu. Kdyby tato kontrola nebyla udělána správně, byla by velká pravděpodobnost vzniku neshodného kusu a toho se při takovéto výrobě musíme vyvarovat.



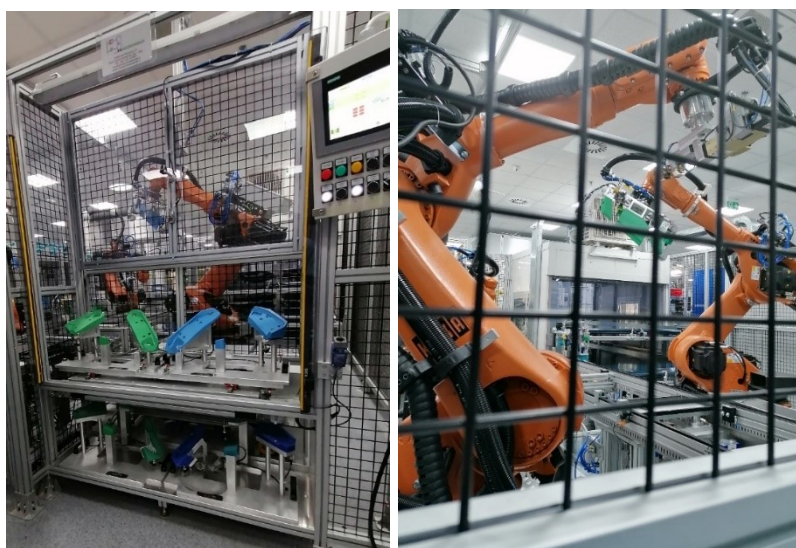
*Obrázek 27 – Kompletace masky*

Na stanici 10 (ST.10 viz Obrázek 28), je operace, na které se dokončuje montáž skla. Finální sklo se zakládá do přípravku, ze kterého si robotické rameno odebere kus a zakládá na zkompletované pouzdro s vnitřními komponenty. Problém se vyskytl ve šroubovacím zařízení, které se pohybuje pouze ve dvou osách.



*Obrázek 28 – Montáž masky se sklem*

Další problémovou stanicí je ST.11 tzv. klec (viz Obrázek 29). Zde se nachází tři robotická ramena a dopravník, který přesouvá paletky s přípravky, pro jednotlivé varianty produktu. Každá má svou specifickou funkci. 1. robotické rameno slouží k plazmovému vyčištění drážky, následně se do drážky nanáší lepidlo. Potíže na této stanici byly v oblasti programování robotických ramen.



*Obrázek 29 – Robotická ramena*

K posledním úzkým místům se řadila stanice 12 (ST.12), kde se přidávalo DRL a těsnící guma. Problém se zde vyskytl při šroubování, stacionární šroubovák ještě nebyl řádně zoptimalizován a vyhazoval šroubky z podávající trubice.



*Obrázek 30 – Montáž DRL*

Na stanici 15 (ST.15) čas překračoval CT z důvodů dlouhé přípravy balicího materiálu. Auditor neměl za úkol pouze zkontrolovat a načíst finální lampu do systému, ale také připravit si chep s kartonovými mřížemi, jednalo se ale o náhradní balení.

### 3.2 Vyhodnocení analýzy

Na základě zjištění úzkých míst ve výrobní lince VW ID.3, byly uskutečněny návrhy pro optimalizaci výrobního toku a následné prověření za pomoci chronometráže (viz kapitola 5).

## **4 Cíle bakalářské práce**

Na základě vyhodnocení vstupní analýzy, srovnáním Basic MOST a chronometráže byla zjištěna úzká místa a stanoveny cíle, provedeny návrhy a posouzeny jednotlivé návrhy řešení. Mezi základní cíle práce lze uvést:

- Naleznout úzká místa v nově rozjíždějící výrobní lince, pomocí chronometráže.
- Následně tato podchytit a navrhnout zlepšení, ale nezapomenout na spokojenost pracovníků a zároveň nezpomalit výrobní tok.
- Zaznamenat vývoj uspořádání výrobní linky.



## 5 Komplexní posouzení a návrhy řešení

V této kapitole byly uvedeny veškeré návrhy, které by zefektivnily výrobní proces.

### 5.1 Varianty layoutu

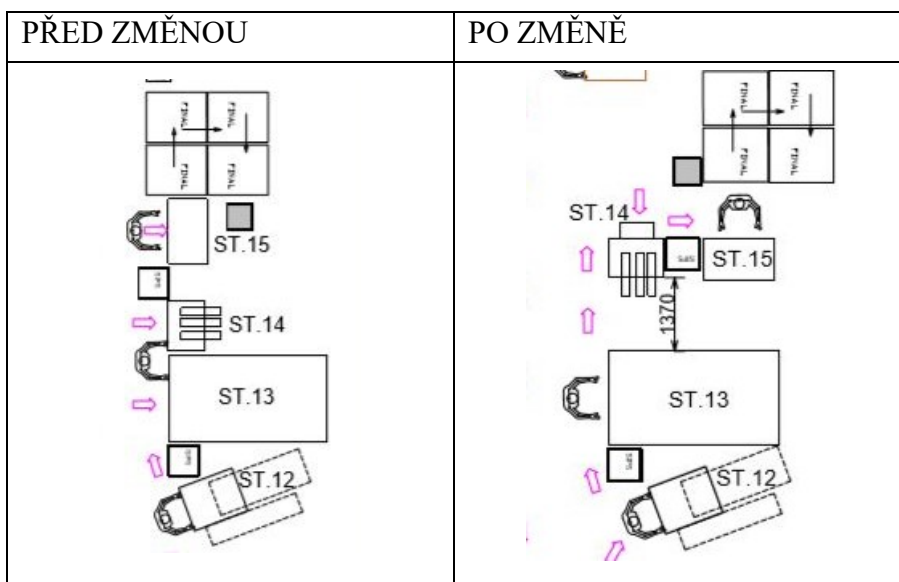
V průběhu optimalizace výrobního toku se udělalo pár změn v ustavení stanic, které byly součástí zefektivnění procesu výroby, jak pro analyzovanou výrobu produktu VW ID.3, ale také pro další produkty (veškeré layouty jsou v příloze A).

**Varianta 1 (nezrealizovaný návrh)** ⇒ popsáno v kapitole 2.5.3

**Varianta 2 (původní)** ⇒ popsáno v kapitole 2.5.4

**Varianta 3 (otočení ST.14 a 15)**

První změny ustavení proběhly začátkem listopadu, kdy se jednalo v umístění ST.14 (montáž kolínek) a ST.15 (audit a balení) (viz Obrázek 31). Důvodem bylo plánované doplnění ST.01 (montáž pivotů). Následně se přidaly stanice pro jiný druh produktu vyrábějící se na lince.

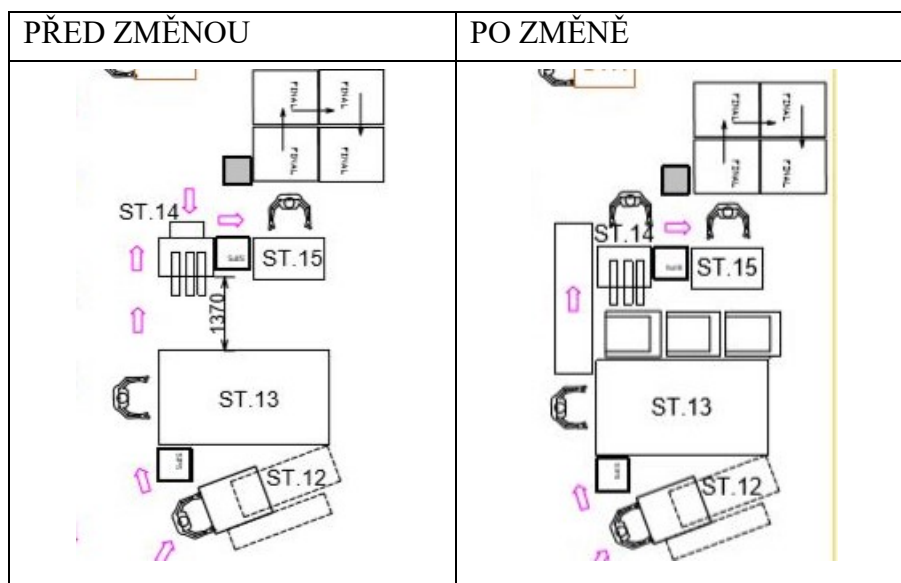


Obrázek 31 – Před a po změně ustavení ST.14 a 15

**Varianta 4 (dopravník mezi ST.13 a ST.14, dodání šroubovací stanice na sklo/maska)**

Dalším návrhem bylo doplnění pásového dopravníku mezi stanice 13 a 14 (viz Obrázek 32), aby operátor nepřecházel necelých 3,5 metrů s každým kusem. Chůzí by se zbytečně zdržoval a tím by došlo ke zpomalení celého taktu linky, časová ztráta by se v takovémto případě pohybovala v rozmezí 15 až 20 sekund. A také se musel přidat další operátor na stanici 14, jelikož samotný auditor by obě stanice nestíhal obsluhovat. K dalším změnám patřilo i zakoupení a následné umístění automatické šroubovací stanice do zadní části výrobní linky, jednalo se o ST.10, která slouží k montáži masky se sklem.

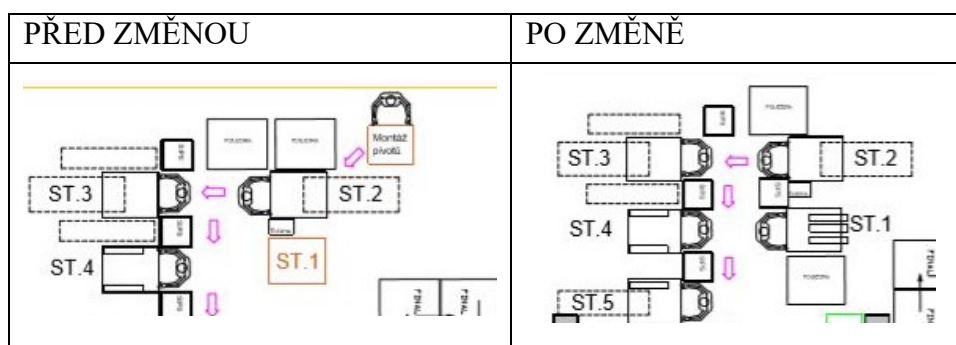




Obrázek 32 – Před a po doplnění pásového dopravníku

#### Varianta 5 (doplnění ST.01)

Mezi poslední změny v rozmístění stanic, patřilo doplnění první stanice, která je určená k montáži pivotů. Jedná se o počáteční proces výrobního toku VW ID.3 (viz Obrázek 33).

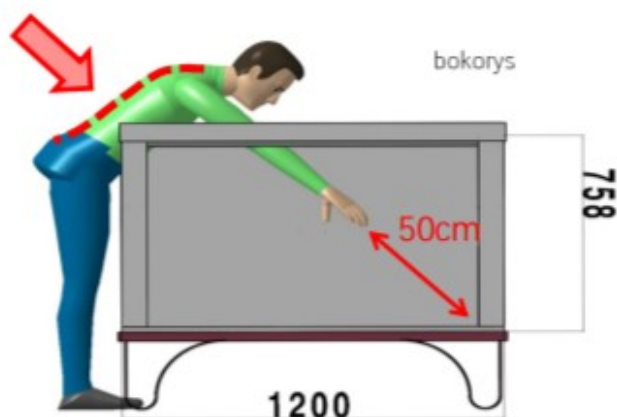


Obrázek 33 – Před a po doplnění ST.01

**Varianta 6 (natočení ST.10 v zadní části poslední náměry)**⇒ popsáno v kapitole 5.3

## 5.2 Návrhy pro zlepšení procesu

Pro stanici ST.02 (montáž LDM) by bylo výhodou pořídit manipulační jednotku ve formě přepravní skříně, jak z manipulačního hlediska, tak z hlediska ergonomie, kde by byly uloženy na „držácích“ vstupující pouzdra (viz Obrázek 36). Jednalo by se o rychlejší manipulaci se vstupujícími dílci a zamezilo by se zranění (namáhání zad viz Obrázek 34, při odebrání pouzdra z chep boxu).



Obrázek 34 – Znázornění namáhání zad [21]

### PŘED ZMĚNOU



Obrázek 35 – Před změnou manipulační jednotky u stanice 2

# PO ZMĚNĚ



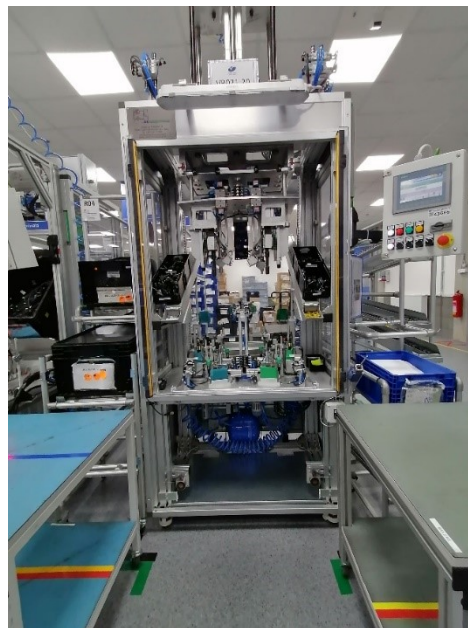
Obrázek 36 – Po změně manipulační jednotky u stanice 2

U stanice ST.03 (montáž převodů) se také nacházely problémy z hlediska ergonomie. Operátor se musel shýbat pro komponenty pod přípravek (viz Obrázek 37 značené červeně), opět by byla zátěž na záda a samotný montážní čas se tímto prodloužil. Nadměrné shýbání a dlouhý čas montáže byl eliminován, tím že se přepravní bedny s komponenty přesunuly na skluzy vedle stroje (viz Obrázek 37).

## PŘED ZMĚNOU



## PO ZMĚNĚ



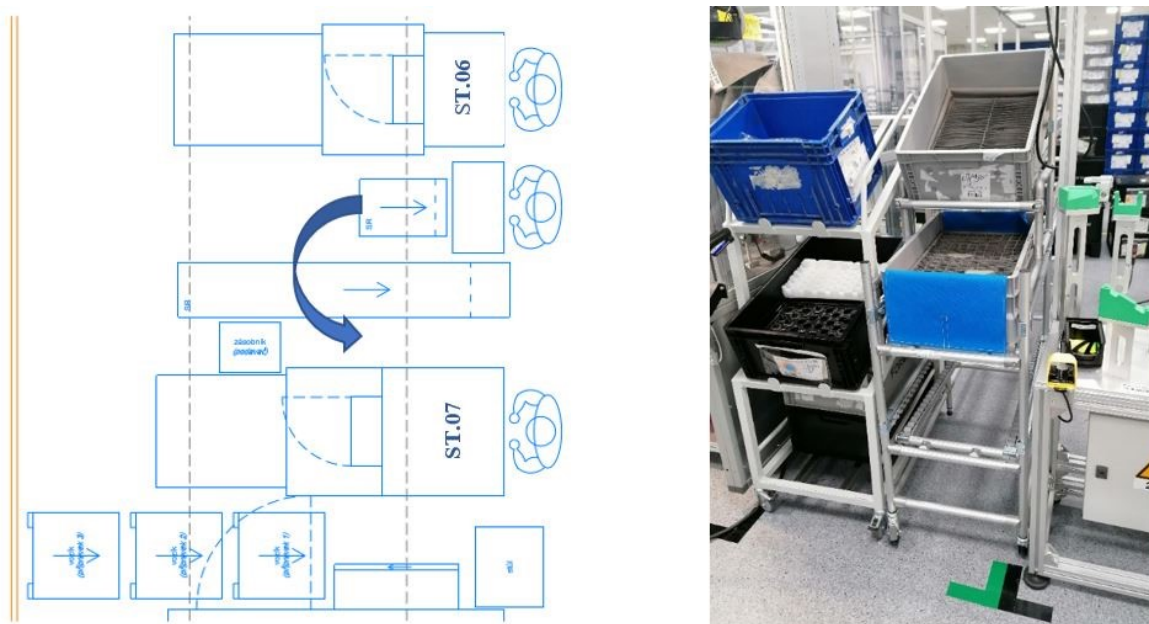
Obrázek 37 – Před a po změně ustavení KLT beden u stanice 3



Na stanici ST.04, která je určená k montáži kabeláže do pouzdra, byl naměřen dlouhý čas operace z důvodů náročného zacvakávání kabeláže do pouzdra. Tento problém by se mohl vyřešit nahříváním kabeláže, pro zlepšení ohebnosti nebo rozdělení úkonů mezi dvě další operace. Musel by se vytvořit přípravek, aby operátoři nezacvakávali kabeláž v ruce. Dále by pro operátory bylo výhodnější z ergonomického hlediska, aby se zbytečně nenatahovali pro kabeláž do KLT bedny, která je umístěna za vyvýšeným přípravkem, umístit na konstrukci stanice tzv. držák na kabeláž. Nastal by ale problém při doplňování materiálu, manipulát by se pohyboval v montážním prostoru, kde by překážel operátorům výroby.

Jak již bylo zmíněno na výrobní lince se nekompletují pouze světlomety pro VW ID.3, ale i další varianty. Pro ně jsou zapotřebí stanice, které nejsou součástí výrobního procesu VW ID.3. A právě na jedné stanici určené jiné variantě výrobku, byla navržena změna ustavení FIFO regál (viz Obrázek 38).

K obtížné manipulaci s komponenty umístěnými na skluzu, které se nachází za přípravkem, se přesunul voziček vedle stanice (Obrázek 38). Dle názoru samotných operátorů je výhodnější udělat pár kroků vedle než se natahovat přes výrobek, pohlíželo se i na faktor kvality. Při natahování přes výrobek by bylo riziko znehodnocení kusu.



Obrázek 38 – Změna umístění FIFO regálu\_návrh a realizace

Montážní čas na stanici ST.09 (kompletace masek) by bylo možné snížit při zlepšení konstrukce vstupujících dílců. Jelikož zacvakávání dílců je velmi náročné na ruce.

U stanice ST.10 (montáž skla) by se dal eliminovat dlouhý strojní čas náhradou automatického šroubování. To bylo uskutečněno nákupem nového plně automatizovaného zařízení. Operátor u této stanice v současné době pouze složí masku a sklo a následně založí do přípravku. Z důvodu zaoblení skla se v průběhu strojního šroubování musí DL (operátor) pouze přípravek natočit pro dokončení cyklu.

Automatizované šroubování bylo odzkoušeno, ale vzhledem k dlouhému strojnímu času, který programátoři nedokázali snížit na požadovaný CT, bylo opět přikročeno k ručnímu šroubování.

Auditorský stolek (ST.15) (viz Obrázek 39) z technologicko-organizačního a ergonomického hlediska nevyhovoval. Návrh spočívá v umístění monitorů a přistavení police pro první schválený kus na konstrukci stanice. Následně i umístění tiskárny na stůl, aby se operátorka po 16 ti hotových kusech neshýbala pro vytištěný barcode. Návrh pro přesun monitorů byl odmítnut z důvodu možného poškození při finální kontrole hotových lamp.



*Obrázek 39 – Návrh auditorské stanice*

Další změny, které byly navrženy a jejich fáze plnění jsou doplněny v tabulce (Tabulka 12).



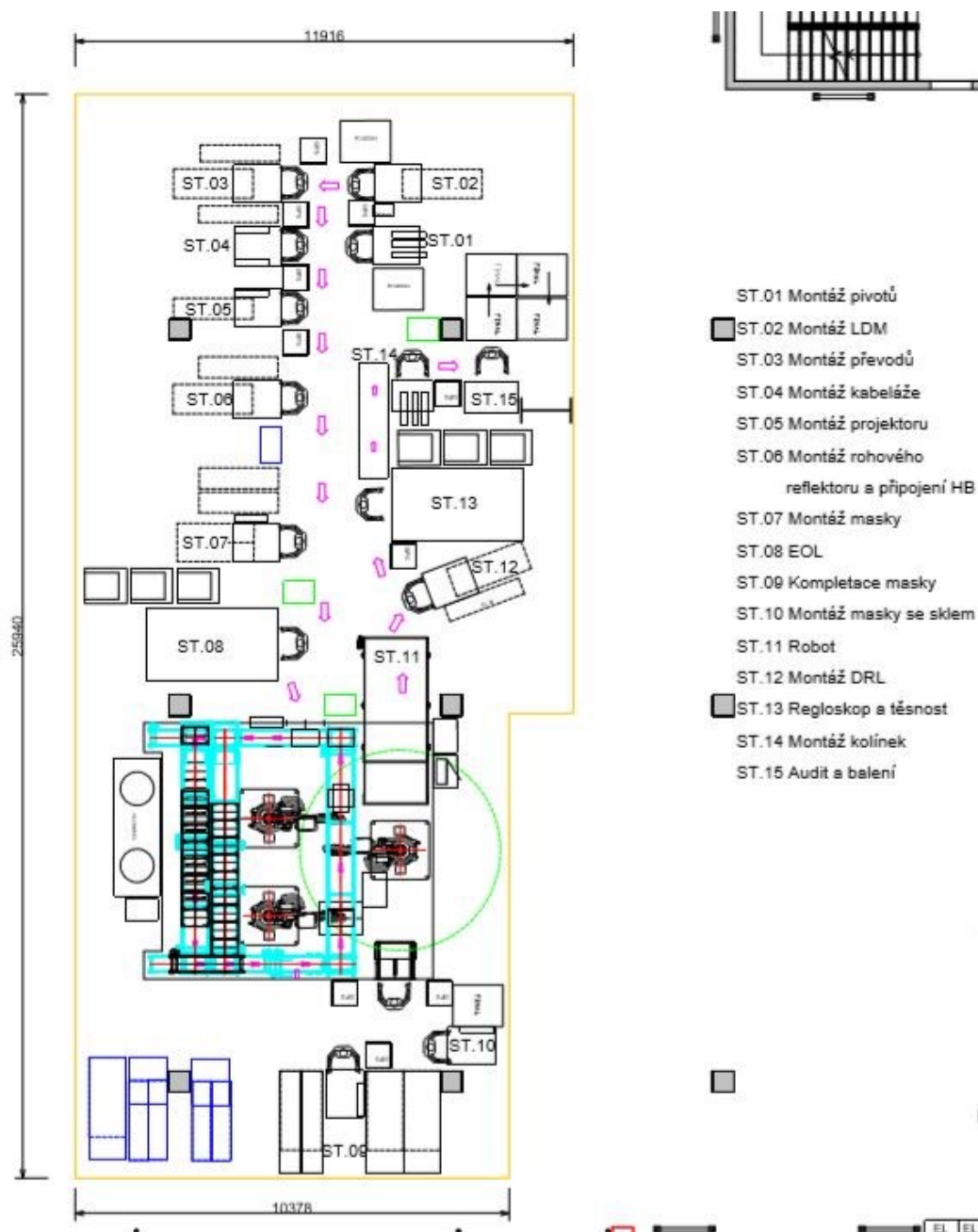
Tabulka 12 – Souhrnné návrhy pro některé stanice

Značení stanice	Operace	Popis návrhu	Důvod	Fáze návrhu
ST.01	Montáž pivotů	rozdělení úkonů	dlouhý montážní čas	NEZMĚNĚNO
ST.02	Montáž LDM	změna manipulační jednotky	ergonomie	ZMĚNĚNO
ST.03	Montáž převodů	otočný přípravek	rozdělení úkonů ze ST.04	V ŘEŠENÍ
ST.04	Montáž kabeláže	změna regálu	ergonomie a kvalita	NEZMĚNĚNO
ST.06	Montáž rohového reflektoru a připojení HB	rozdělení úkonů	dlouhý montážní čas	V ŘEŠENÍ
ST.06.5	Montáž masky <i>jiná varianta produktu</i>	přesun regálu	ergonomie a kvalita	ZMĚNĚNO
		osvětlení	ergonomie a kvalita	NEZMĚNĚNO
		vybalování dílců	zpomalení toku	NEZMĚNĚNO
ST.07	Montáž masky <i>jiná varianta produktu</i>	rozdělení šroubování	dlouhý strojní čas	ZMĚNĚNO
ST.09	Kompletace masky	rozdělení úkonů	dlouhý montážní čas	ZMĚNĚNO
ST.10	Montáž masky se sklem	dlouhé šroubování	strojní čas	ZMĚNĚNO
		špatný layout	ergonomie	ZMĚNĚNO
ST.15	Audit a balení	police pro 1. schválený kus	kvalita	ZMĚNĚNO
		snížení monitorů	ergonomie	NEZMĚNĚNO
		náročnost přípravy obalového materiálu	zpomalení toku	ZMĚNĚNO
		barcodey tištěné na tiskárně pod pracovním stolem	ergonomie	NEZMĚNĚNO

Po zrealizování několika změn na výrobní lince VW ID.3 došlo ke změně náměrů v rámci chronometráže, oproti náměrům z roku 2019. V současné době obsluhuje 15 DL výrobní činnosti na lince. Navýšení DL oproti plánovanému 13 DL je právě z důvodu dlouhých časů u kompletace masky se sklem a následného zakládání k robotickému rameni.

### 5.3 Měření výrobního procesu (chronometráže) v roce 2020

Po dlouhém vývoji rozmístění stanice (kapitola 5.1) a optimalizaci se finální vzhled výrobní linky ustálil (viz Obrázek 40). Poslední verze se liší oproti variantě 5 v natočení ST.10.

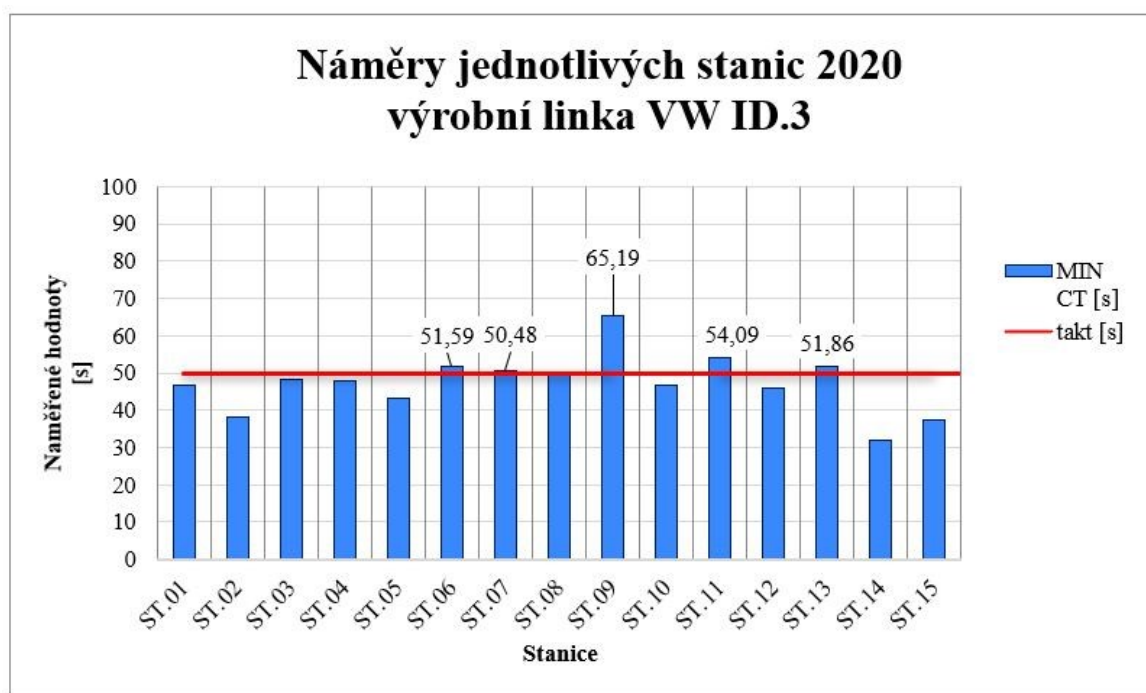


Obrázek 40 – Layout výrobní linky pro VW ID.3 (varianta 6)

Ze souhrnné tabulky (Tabulka 13) a grafu (Graf 8) lze vidět stále problémy na některých stanicích, ovšem časy zjištěné při náměrech nejsou tak vysoké, jako v roce 2019. Optimalizace linky je stále v procesu úprav, ale tentokrát se jedná spíše o technické ladění. Mezi tato technická ladění řadíme rychlejší seřizování testerů, zrychlení automatických šroubovacích zařízení nebo změny dráhy ramen robota.

Tabulka 13 – Souhrnné náměry z roku 2020

Značení stanice	Popis operace	MIN CT [s]	Tak [s]
ST.01	Montáž pivotů	46,56	50
ST.02	Montáž LDM	38,24	
ST.03	Montáž převodů	47,76	
ST.04	Montáž kabeláže	47,85	
ST.05	Montáž projektoru	43,05	
ST.06	Montáž rohového reflektoru a připojení HB	51,59	
ST.07	Montáž masky	50,48	
ST.08	EOL	49,58	
ST.09	Kompletace masky	65,19	
ST.10	Montáž masky se sklem	46,79	
ST.11	Robot	54,09	
ST.12	Montáž DRL	46,05	
ST.13	Regloskop + těsnost	51,86	
ST.14	Montáž kolínek	29,40	
ST.15	Audit a balení	37,32	



Graf 8 – Chronometráž – náměry výrobní linky po změnách r. 2020

U stanice ST.06, kde se provádí montáž rohového reflektoru a připojuje HB dílec, se nedaří eliminovat montážní čas z důvodů dlouhého zapojování a následného zašroubování komponentů.

Na stanici ST.07 (montáž masky) se nedaří eliminovat montážní čas z důvodů dlouhého šroubování stacionárním šroubovákem. Při montáži pouhých čtyř šroubků se pohybuje čas okolo 30 s.

U kompletace masky (ST.09) se jednalo o obtížnost montáže. Celý pracovní úsek závisí na zručnosti a pozornosti operátora. V roce 2019 se vyskytl problém u dlouhého kontrolního času a přímo i u kompletace jednotlivých částí, jelikož se výroba tohoto produktu teprve rozjížděla a operátoři se zaučovali, komponenty se ještě vyladňovaly (design, kvalita). V roce 2020 se čas urychlil o necelých 12 s, protože operátoři již nemuseli tolik kontrolovat dílce. Kompletace byla stále dlouhá, z důvodu zacvakávání jednotlivých dílců.

V tzv. kleci (ST.11), kde se nachází robotická ramena, byl strojní čas delší, než jsme předpokládali. V roce 2019 se vyskytl problém u pomalého nanášení lepidla, pomalý sponkovací systém a také v odebrání skla. Kdy se robotické rameno pozastavilo již se sklem cca na 5 s. a následně založilo sklo na pouzdro. Strojní čas se v roce 2020 nepodařilo snížit, i když se u sponkovacího systému ubral jeden nepotřebný spoj.

U stanice regloskop a těsnost (ST.13) se vyskytl problém při strojním seřizování a dalším testování finální lampy.

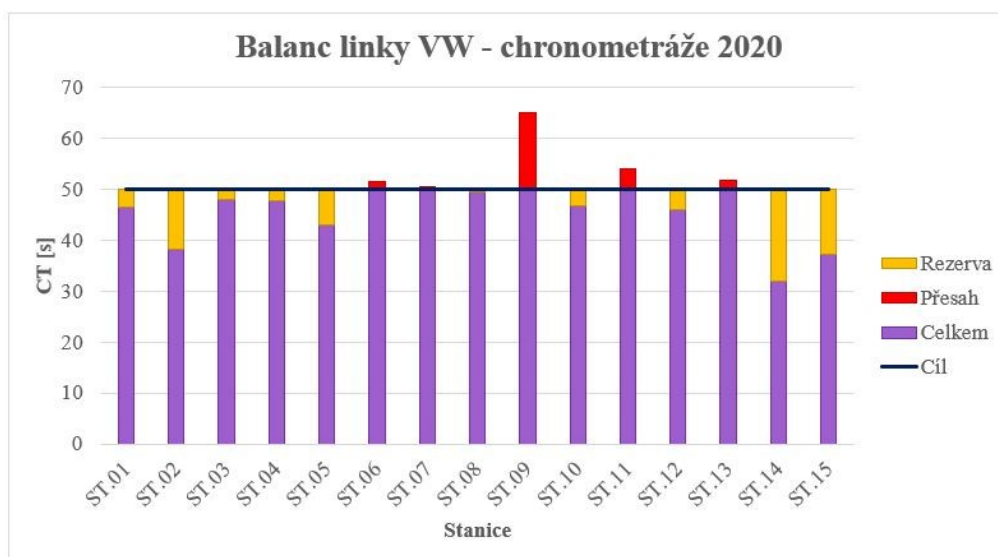
#### 5.4 Balancování linky v roce 2020

Pro stabilizaci činností na jednotlivých stanicích se z náměru z roku 2020, jsem vytvořila balanční tabulku. Zde lze vidět rozdělení počtu operátorů na předpokládaný (MOST) a skutečný (AWS) stav, dále celkové časy v sekundách. Přesahující časy a rezervy, které by měly být vyrovnány (50/50).

Celkový časový přesahu se pohybuje na necelých 23 sekundách a rezerva se vyčísčila na 64,55 sekund.

*Tabulka 14 – Balanc linky z náměru r. 2020 (hodnoty v sekundách)*

Značení stanice	DL MOST	DL AWS	Celkem	Přesah	Rezerva	Cíl
ST.01	1,0	1,0	46,6		3,4	50,0
ST.02	1,0	1,0	38,2		11,8	50,0
ST.03	1,0	1,0	48,1		1,9	50,0
ST.04	1,0	1,0	47,9		2,2	50,0
ST.05	1,0	1,0	43,1		7,0	50,0
ST.06	1,0	1,0	51,6	-1,59		50,0
ST.07	1,0	1,0	50,5	-0,48		50,0
ST.08	1,0	1,0	49,6		0,4	50,0
ST.09	1,0	1,0	65,2	-15,19		50,0
ST.10	1,0	2,0	46,8		3,2	50,0
ST.11	0,0	0,0	54,1	-4,09		50,0
ST.12	1,0	1,0	46,1		4,0	50,0
ST.13	0,5	1,0	51,9	-1,86		50,0
ST.14	0,5	1,0	31,9		18,1	50,0
ST.15	1,0	1,0	37,3		12,7	50,0
<b>celkem</b>	<b>13,0</b>	<b>15,0</b>	<b>708,67</b>	<b>-23,22</b>	<b>64,55</b>	<b>750,00</b>



Graf 9 – Balanc linky z náměru r.2020

## 5.5 Porovnání metod měření práce v jednotlivých fázích

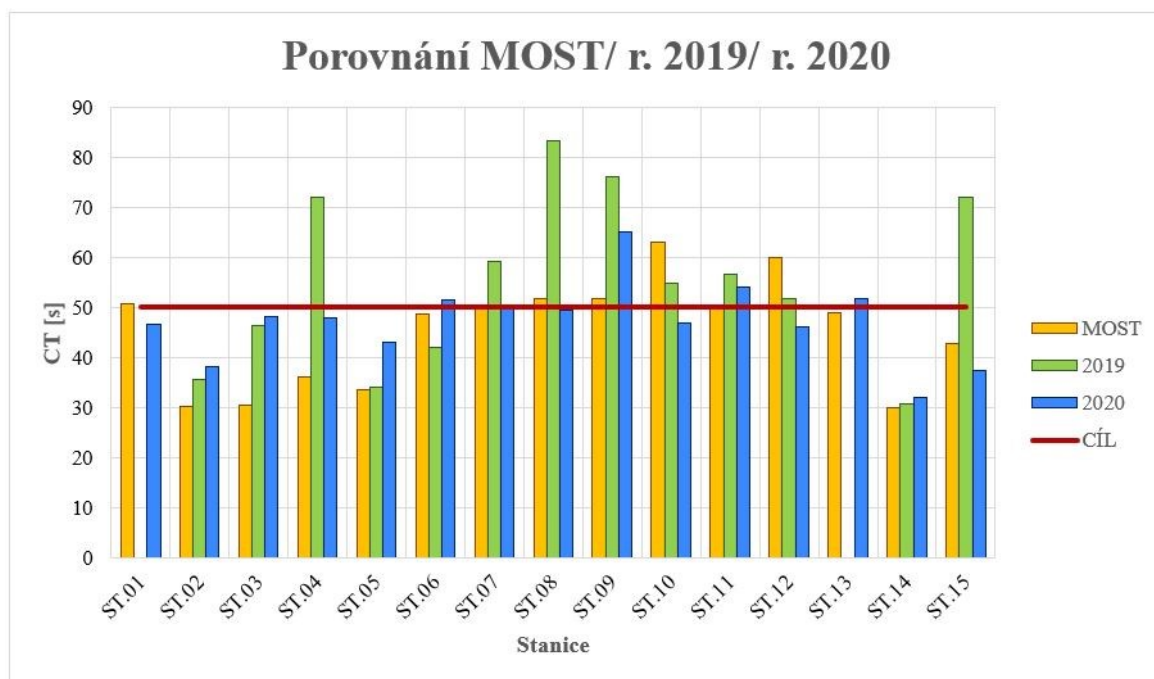
### 5.5.1 Porovnání MOST s náměry 2019 a náměry 2020

Souhrnem veškerých náměrů jsem vytvořila pro přehlednost tabulku (Tabulka 15) a následně graf (Graf 10), kde lze vysledovat postupné časové změny v určitých fázích měření práce.

Tabulka 15 – Porovnání MOST s náměry 2019 a náměry 2020

Značení operace	Operace	MOST	2019	2020	CÍL
		CT [s]	CT [s]	CT [s]	CT [s]
ST.01	Montáž pivotů	50,684	0,000	46,560	50
ST.02	Montáž LDM	30,240	35,700	38,240	50
ST.03	Montáž převodů	30,542	46,320	48,100	50
ST.04	Montáž kabeláže	36,000	72,171	47,850	50
ST.05	Montáž projektoru	33,480	34,080	43,050	50
ST.06	Montáž rohového reflektoru a připojení HB	48,600	42,000	51,590	50
ST.07	Montáž masky	50,040	59,300	50,483	50
ST.08	EOL	51,849	83,400	49,577	50
ST.09	Kompletace masky	51,840	76,300	65,193	50
ST.10	Montáž masky se sklem	63,208	54,900	46,789	50
ST.11	Robot	50,000	56,738	54,092	50
ST.12	Montáž DRL	60,120	51,700	46,050	50
ST.13	Regloskop + těsnost	48,848	0,000	51,857	50
ST.14	Montáž kolínek	29,880	30,780	31,914	50
ST.15	Audit a balení	42,840	72,200	37,320	50





Graf 10 – Grafické znázornění porovnání MOST/ náměry 2019/ náměry 2020

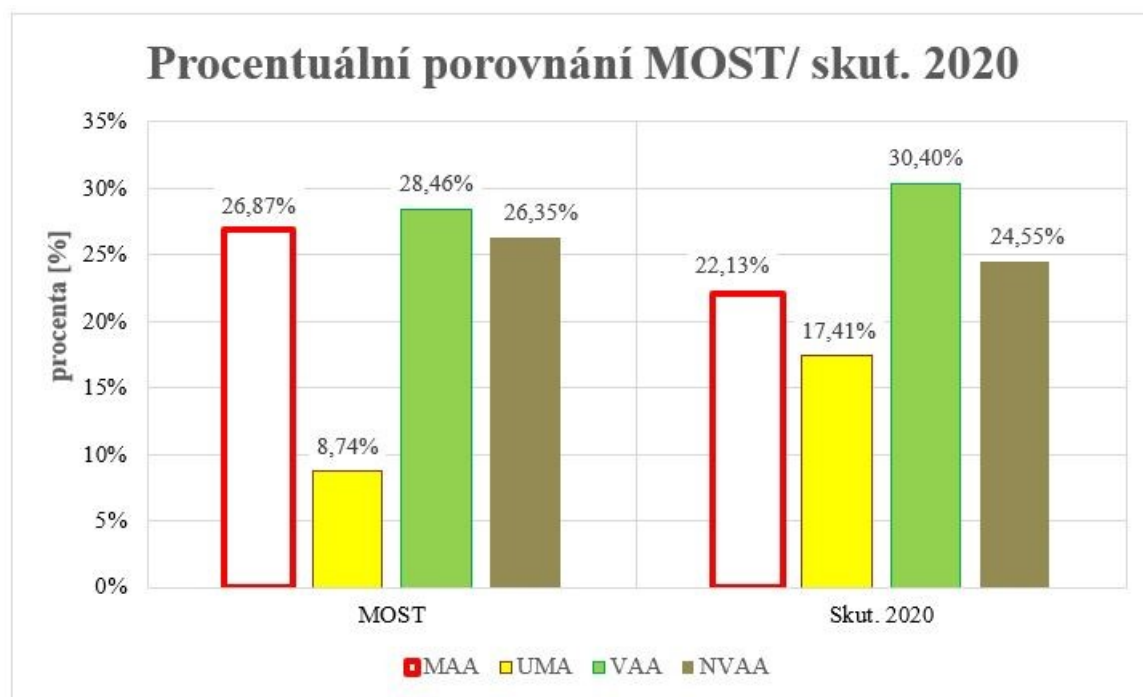
### 5.5.2 Porovnání mezi MOST a náměry 2020

V grafech při porovnání MOST a skutečných náměrů z roku 2020 jsou rozděleny jednotlivé činnosti (kategorie jsou vysvětleny v kapitole 2.5.5 na straně 31).

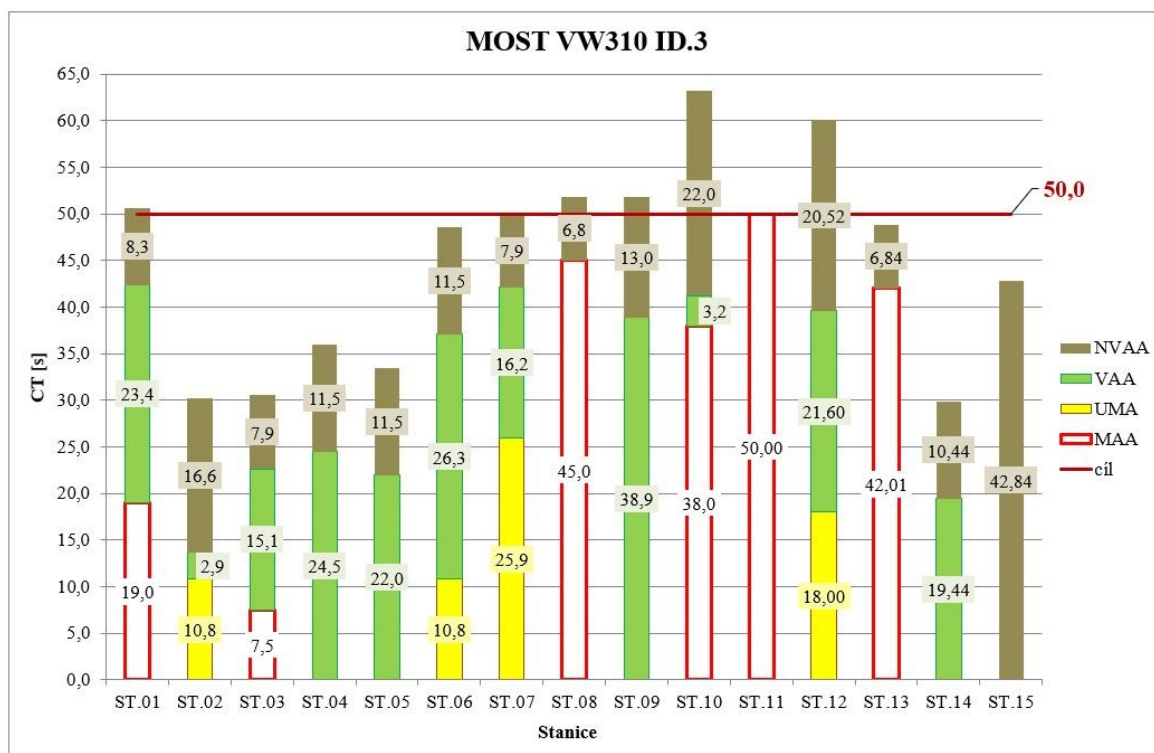
U dvou grafů (Graf 12 a Graf 13) lze vidět rozdíly mezi obsahem jednotlivých činností na stanicích. Při vytváření Basic MOSTu se počítalo s větším množstvím automaticky řízených pohybů. Ve skutečnosti se tyto automatické strojní pohyby převedly na strojní využitelné pohyby, jako je například ruční šroubování, anebo na čistě přidanou hodnotu, kdy se jedná o ruční spojování komponentů.

Procentuální rozdělení strojního času, využitého strojního času, přidané hodnoty a nepřidané hodnoty bylo porovnáno a výsledky jsou uvedeny v Graf 11.

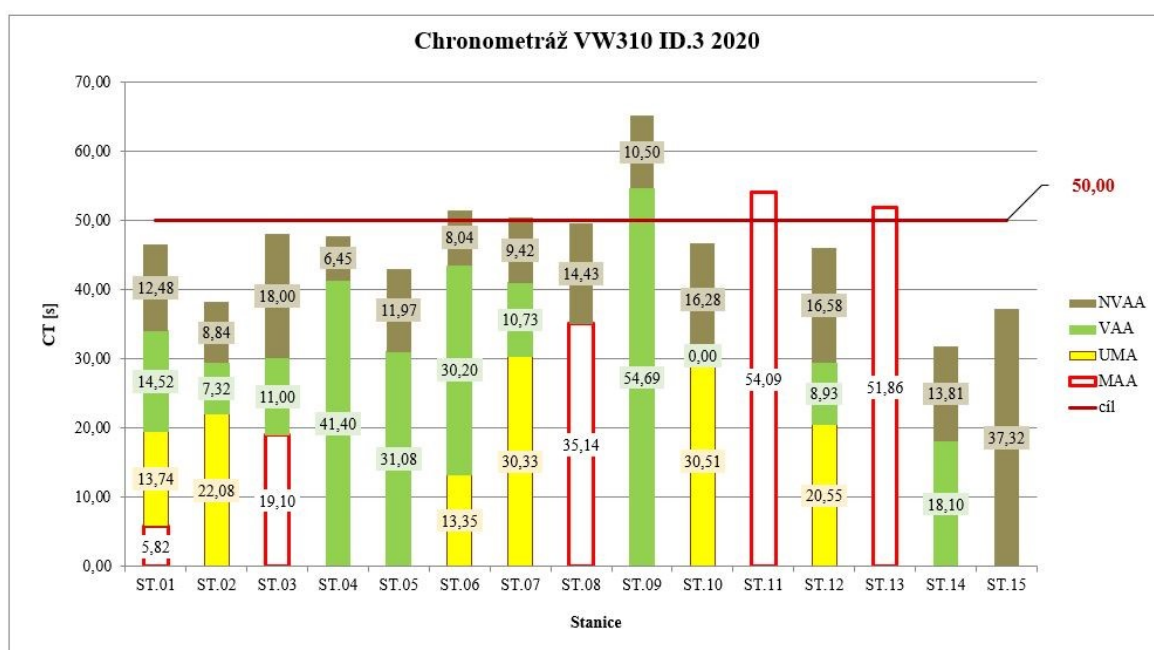
Sumarizace procentuálního rozdělení u MOSTu je 90,42 % (Tabulka 5), což značí rezervu, podle náměrů z r. 2020, se tato hodnota dostala o něco výše (94,49 %), ale 100 % nepřesáhla. Rezerva se pohybuje okolo 6 %, pro lepší výrobu by bylo vhodné tuto rezervu navýšit alespoň na 10 % pro případné zvýšení kontroly vstupních dílců.



Graf 11 – Procentuální porovnání jednotlivých činností \_ MOST/ skut. 2020



*Graf 12 – Rozfázovaný BacisMOST VW*



*Graf 13 – Chronometráž - rozfázované náměry VW ID.3 r.2020*

Přesnější rozdíly v činnostech u jednotlivých stanic mezi Basic MOSTem a náměry z chronometráže z roku 2020 jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 16).

Tabulka 16 – Souhrnné porovnání v činnostech mezi MOST a chronometráží r. 2020

Značení stanice	Operace	MOST	Aktuální stav
		Popis činností	Popis činností
ST.01	Montáž pivotů	<ul style="list-style-type: none"> <li>• s lepením štítku na pouzdro</li> <li>• automatický stroj</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bez lepení štítku na pouzdro</li> <li>• automatické lisování</li> <li>• ruční šroubování</li> </ul>
ST.02	Montáž LDM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bez lepení štítku na pouzdro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lepení štítků na pouzdro</li> <li>• dlouhé nabíjení poloautomatického šroubováku</li> </ul>
ST.03	Montáž převodů		<ul style="list-style-type: none"> <li>• zkoušení převodů po zalisování</li> </ul>
ST.04	Montáž kabeláže		<ul style="list-style-type: none"> <li>• tuhost kabeláže</li> </ul>
ST.07	Montáž masky		<ul style="list-style-type: none"> <li>• pomalé najíždění stacionárního šroubováku</li> </ul>
ST.08	EOL		<ul style="list-style-type: none"> <li>• dlouhé strojní seřízení</li> </ul>
ST.09	Kompletace masky		<ul style="list-style-type: none"> <li>• velmi obtížné zacvakávání</li> </ul>
ST.10	Montáž skla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• automatické šroubování</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ruční šroubování</li> </ul>
ST.11	Robot		<ul style="list-style-type: none"> <li>• bezpečnostní zastavení po odebrání skla</li> </ul>
ST.14	Montáž kolínek		<ul style="list-style-type: none"> <li>• založení těsnění (od DRL)</li> </ul>

Dle závažnosti překročení cílového času 50 s, byla opět vytvořena tabulka (Tabulka 17), která vyplývá z náměrů r. 2020 (Tabulka 13).

*Tabulka 17 – Závažnost překročení cílového času u chronometrů r. 2020*

<b>Závažnost</b>	<b>Stanice</b>	<b>Doporučené řešení</b>
<i>Hraniční časy</i>	ST.06 – montáž rohového reflektoru a připojení HB	rozdělení úkonů
	ST.07 – montáž masky	zrychlení strojního času
	ST.13 – regloskop + těsnost	zrychlení strojního času
<i>Lehké překročení</i>	ST.11 – robot	zrychlení strojního času
<i>Velký časový skok</i>	ST.09 – kompletace masky	designová změna komponentů nebo rozdělení úkonů



## 6 Zhodnocení práce a přínos pro podnik

Kapitola obsahuje finální zhodnocení analýzy a přínos pro podnik v oblasti ztrát, zisků a úspor.

### 6.1 Zhodnocení optimalizace výrobní linky

Optimalizace linky se prováděla v několika fázích, i když se výroba potýkala s problémy (např. kvantita a kvalita dodávaného materiálu, nezaučení operátoři atd.), většina chyb se podchytila a eliminovala.

Tabulka 18 – Souhrn zhodnocení

Cíle	Přínos	Fáze uskutečnění
nalézt úzká místa	urychlení CT jednotlivých operací	splněno
návrh zlepšení	provedení změn v oblasti ergonomie	splněno
zaznamenat vývoj layoutů	přehlednost změn ustavení stanic	splněno

### 6.2 Případné ztráty, zisky a úspory

Z důvodů náročnosti výrobního procesu se navýšil počet DL na 15.

Pokud by se dokázaly do budoucna eliminovat veškeré problémy, bylo by možné vyrábět ve 13 DL. Jednalo by se o roční úsporu v řádech tisíců eur. Bližší propočet je níž.

#### **Vyčíslení roční úspora RÚ**

Roční úspora se počítá na základě návrhu (kaizen). Pokud se prokáže, že je úspora výhodná, tak se uskuteční.

Tabulka 19 – Souhrnná data pro výpočet roční úspory

	DL	Nhod	ks	Tak/s.
skutečnost	15	0,223214	504	50
cíl	13	0,193452	504	50

#### Výpočet cílových normohodin $nhod_{cíl}$

$$nhod_{cíl} = \frac{7,5 \cdot OP_{cíl}}{V_{cíl}} [nhod] \quad (4)$$

$$nhod_{cíl} = \frac{7,5 \cdot 13}{504} = 0,193452 \text{ Nhod}$$

Kde:

$nhod_{návrh}$  – normohodiny při návrhu [Nhod]

$OP_{návrh}$  – navrhovaný počet operátorů

$V_{cíl}$  – cílový počet vyrobených kusů za směnu [ks]

Rozdíl normohodin  $nhod$

$$nhod = nhod_{skut} - nhod_{cil} [Nhod] \quad (5)$$

$$nhod = 0,223214 - 0,193452 = 0,029762 \text{ Nhod}$$

Kde:

$nhod_{skut}$  – skutečné normohodiny [Nhod]

$nhod_{cil}$  – normohodiny při návrhu [Nhod]

Rozdíl počtu operátorů  $OP$

$$OP = OP_{skut} - OP_{cil} \quad (6)$$

$$OP = 15 - 13 = 2$$

Kde:

$OP$  – rozdíl operátorů

$OP_{skut}$  – skutečný počet operátorů

$OP_{navrh}$  – navrhovaný počet operátorů

Rozdíl v počtu operátorů by byl 2.

Výpočet ročních normohodin na požadovanou výrobu  $nhod_{rok}$

$$nhod_{rok} = (nhod_{skut} - nhod_{cil}) \cdot V_{rok} [Nhod] \quad (7)$$

$$nhod_{rok} = (0,223214 - 0,193452) \cdot 127\,764 = 3\,802,50 \text{ Nhod}$$

Kde:

$nhod_{rok}$  – roční normohodiny na požadovanou výrobu [Nhod]

$nhod_{skut}$  – skutečné normohodiny [Nhod]

$nhod_{navrh}$  – normohodiny při návrhu [Nhod]

$V_{rok}$  – objem výroby za rok [ks]

Roční objem je hodnota zjištěna z interních dat (budget). Tato hodnota se pohybuje u výroby VW ID. na 127 764ks.

Výsledná roční úspora v korunách a eurech  $RÚ_{kč}$

$$RÚ_{kč} = nhod_{rok} \cdot S_{DL/IL} [Kč] \quad (8)$$

$$RÚ_{kč} = 3\,802,50 \cdot 227,27 = 864\,194,18 \text{ Kč}$$

Kde:

$RÚ_{kč}$  – roční úspora v korunách českých [Kč]

$nhod_{rok}$  – roční normohodiny na požadovanou výrobu [Nhod]

$S_{DL/IL}$  – sazba na člověka [Kč]

Sazba za člověka se pohybuje na 227,27 Kč za rok 2019.

V korunách se úspora pohybuje 864 194,18,-, jelikož se jedná o globální korporaci, častěji se využívají eura. V dnešní době se kurz 1 eura pohybuje na hodnotě 25,0525Kč.[22]

$$R\acute{U}_{\epsilon} = \frac{R\acute{U}_{k\check{c}}}{s_{DL/IL}} [\text{€}] \quad (9)$$

$$R\acute{U}_{\epsilon} = \frac{864\,194,18}{25,0525} = 34\,495,33 \text{ €}$$

Kde:

$R\acute{U}_{\epsilon}$  – roční úspora v eurech [€]

$R\acute{U}_{k\check{c}}$  – roční úspora v korunách českých [Kč]

$\acute{a}\text{€}/K\check{c}$  – kurzové na jedno euro

V přepočtu na eura se částka pohybuje 34 495,33€.

Pokud by se dokázalo snížit počet operátorů na 13DL a zároveň nepřekročit požadovaný takt linky 50 s, výsledná úspora by byla ve výši 34 495,33€.

## 7 Závěr

Bakalářská práce se zabývala optimalizací výrobní linky a změnou layoutu v automobilové společnosti Varroc Lighting Systems, vyrábějící světlomety do automobilů.

V úvodní kapitole jsem se zaměřila na teoretickou část, která objasňuje veškeré pojmy týkající se závěrečné práce.

V následující kapitole jsem obsáhla základní informace společnosti a analýzu výrobního procesu. Byla uvedena specifikace výrobku, výrobní linky a její původní layout, prvotní měření práce ve formě nepřímé (MOST) a přímé (chronometráže) metody.

V další části jsem se zaměřila na úzká místa výrobní linky, která byla zjištěna na základě chronometráží z roku 2019. Mezi ně patřily například stanice pro montáž kabeláže, masky, EOLu a další.

Pro eliminaci úzkých míst byly doporučeny návrhy na bázi ergonomie, mezi které patřila změna manipulační jednotky, ustavení FIFO regálu atd. Po uskutečnění změn jsem provedla měření práce (chronometráže) při kterém jsem zjistila, že změny ovlivnili výrobní proces a snížil se CT na některých problémových stanicích. Pro přehlednost jsem provedla porovnání v jednotlivých fázích měření práce (MOST a chronometráže) na výrobní lince.

Závěrem práce bylo celkové zhodnocení a ekonomické vyčíslení návrhu, v případě snížení počtu operátorů na základních 13 DL.

Bakalářská práce byla zpracována na základě požadavků a interních dat společnosti Varroc Lighting Systems. Cíle stanovené v práci byly naplněny a výsledný návrh byl v praxi využit.

## Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] ŠAJDLEROVÁ, Ivana. *Organizace a řízení výroby: učební text*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2775-9.
- [2] TUČEK, David a Roman BOBÁK. *Výrobní systémy*. Druhé upravené vydání. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-381-1.
- [3] DLABAČ, Jaroslav. Analýza a normování práce je pro velkou část českých firem stále aktuálnějším tématem. *API - Academy of Productivity and Innovations* [online]. Slaný: API - Akademie produktivity a inovací, ©2005-2020 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25840n-analyza-a-normovani-prace-je-pro-velkou-cast-ceskych-firem-stale-aktualnejsim-tematem>
- [4] DLABAČ, Jaroslav. Analýza a měření práce. *API - Academy of Productivity and Innovations* [online]. Slaný: API - Akademie produktivity a inovací, ©2005-2020 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- [5] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 2. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1990. ISBN 80-010-0327-2.
- [6] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů*. Vydání třetí. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2871-6.
- [7] SCHINDLEROVÁ, Vladimíra. *LOGISTIKA V PŘÍKLADECH: učební text* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013 [cit. 2020-03-26]. ISBN 978-80-248-3057-5.
- [8] *Varroc* [online]. Plymouth: Varroc Group, 2019 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: <https://www.varroclighting.com/SitePages/HomePage.aspx>
- [9] interní zdroj
- [10] *Varroc excellence* [online]. Plymouth: Varroc Group, 2019 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: <http://varroc.com/>
- [11] Sbírka listin: Varroc Lighting Systems, s.r.o. *Veřejný rejstřík a Sbírka listin* [online]. Ministerstvo spravedlnosti České republiky, 2012 [cit. 2019-11-23]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-firma?subjektId=36401>
- [12] Auto roku 2019 svítí světly z dílny Varroc Lighting Systems. *Varroc* [online]. Plymouth: Varroc Group, 2019, 2019 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: <https://www.varroclighting.com/news/SitePages/NewsDetail.aspx?newsId=71>
- [13] Auto roku 2019 svítí světly z dílny Varroc Lighting Systems. *MotoFocus.cz* [online]. Bohumín: MotoFocus.cz, 2019, 2019 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z:



<https://motofocus.cz/vyrobci/46341,auto-roku-2019-sviti-svetly-z-dilny-varroc-lighting-systems>

- [14] KLEMSCH, Marian. *Varroc Lighting Systems s.r.o.: Výrobní závod v Šenově u Nového Jičína* [online]. In: 24.10.2018 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: [http://www.konference.org/vyvoj-automobiloveho-prumyslu-2018/prezentace\\_recniku/Klemsche\\_1.pdf](http://www.konference.org/vyvoj-automobiloveho-prumyslu-2018/prezentace_recniku/Klemsche_1.pdf)
- [15] VARROC – ZVÝŠENÍ PRODUKCE SVĚTLOMETŮ. *Automobil* [online]. Redakce Automotorevue, ©2011 [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: [https://www.automobilrevue.cz/rubriky/presunuto-na-trucker-cz-truck-bus/predstavujeme/varroc-zvyseni-produkce-svetlometu\\_46819.html](https://www.automobilrevue.cz/rubriky/presunuto-na-trucker-cz-truck-bus/predstavujeme/varroc-zvyseni-produkce-svetlometu_46819.html)
- [16] Varroc otevřel v Rychvaldu novou halu. *AUTONOVINY* [online]. Automedia News, 2019, 5.10.2018 [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <https://www.autonoviny.cz/clanek/35350-varroc-otevrel-novou-vyrobni-halu>
- [17] WIELE, Jochen. VW ID.3: So kommt das neue Volks-Elektroauto. *ADAC* [online]. München, 2019 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: <https://www.adac.de/der-adac/motorwelt/reportagen-berichte/auto-innovation/vw-id-3/>
- [18] GORDON, Philip. VW unveils fully-electric ID.3 with 550km range. *SMART ENERGY: INTERNATIONAL* [online]. Rondebosch: Clarion Energy, 2019, 2019 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: <https://www.smart-energy.com/industry-sectors/electric-vehicles/vw-unveils-fully-electric-id-3-with-550km-range/>
- [19] Lídr v oblasti vnějšího osvětlení pro automobilový průmysl vybudoval novou halu. *MotorMix* [online]. Motormix, ©2015 [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <https://www.motormix.cz/clanek/lidr-v-oblasti-vnejsiho-osvetleni-pro-automobilovy-prumysl-vybudoval-novou-halu/22465>
- [20] VIII.4 Přestávka v práci a bezpečnostní přestávka (§ 88 a 89). *PŘÍRUČKA: PRO PERSONÁLNÍ AGENDU A ODMĚŇOVÁNÍ ZAMĚSTNANCŮ* [online]. MPSV, TREXIMA, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://ppropo.mpsv.cz/VIII4Prestavkavpraciabezpecnostn>
- [21] *Ergonomie v logistice: Ergonomie ve ŠKODA AUTO* [online]. Škoda [cit. 2019-11-14]. Dostupné z: <http://www.ergonomie-skoda-auto.cz/uploads/inq/files/3-p%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ka-Ergonomie-%C5%A0koda-SG-3%20%283%29.pdf>
- [22] Kurz Eura, Euro EUR, aktuální kurzy koruny a měn. *Kurzc.cz* [online]. Praha: Kurzy.cz, spol. s r.o., ©2000-2020 [cit. 2020-02-23]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/kurzy-men/nejlepsi-kurzy/EUR-euro/>

## Seznam příloh

Příloha A (vývoj layoutů)

Příloha B (požadavky a plány v SAP systému)

## Seznam obrázků

	Strana
Obrázek 1 – Analýza a měření práce [3] .....	12
Obrázek 2 – Schéma ergonomického systému [5].....	15
Obrázek 3 – Vlivy činitelů na pracovní pohodu [6] .....	15
Obrázek 4 – Logo podniku a jeden druh produktu .....	17
Obrázek 5 – Grafické znázornění hodnot SHIPS [10].....	18
Obrázek 6 – Titul [12].....	19
Obrázek 7 – Ford Focus Active 2019 [13].....	19
Obrázek 8 – Certifikáty IATF 16949 pro závod v Rychvaldě a Morocco [8].....	19
Obrázek 9 – Časová osa společnosti Varroc Lighting Systems.....	20
Obrázek 10 – Mapa výrobních závodů a vývojových center ve světě [14] .....	21
Obrázek 11 – VLS Nový Jičín [9] .....	21
Obrázek 12 – VLS Rychvald [8] .....	22
Obrázek 13 – Vývojové centrum Ostrava [8] .....	22
Obrázek 14 – Vývoj světlometů .....	23
Obrázek 15 – Typy světlometů .....	24
Obrázek 16 – Příklady zákazníků z automobilového průmyslu .....	24
Obrázek 17 – Areál výrobního závodu Varroc Lighting Systems Rychvald [10].....	25
Obrázek 18 – Vstřikovací stroje ENGEL [15].....	25
Obrázek 19 – Montážní linka pro Jaguar F pace [16].....	26
Obrázek 20 – Schématické znázornění organizační struktury .....	26
Obrázek 21 – Volkswagen ID.3 [18] .....	27
Obrázek 22 – Hala MG [19] .....	28
Obrázek 23 – Původní ustavení výrobní linky.....	29
Obrázek 24 – Čelní pohled na celou výrobní linku .....	32
Obrázek 25 – Stanice pro montáž kabeláže .....	46
Obrázek 26 – Stanice pro montáž masky.....	47
Obrázek 27 – Kompletace masky .....	47
Obrázek 28 – Montáž masky se sklem .....	48
Obrázek 29 – Robotická ramena.....	48
Obrázek 30 – Montáž DRL.....	49
Obrázek 31 – Před a po změně ustavení ST.14 a 15.....	50
Obrázek 32 – Před a po doplnění pásového dopravníku.....	51
Obrázek 33 – Před a po doplnění ST.01 .....	51
Obrázek 34 – Znázornění namáhání zad [21] .....	52

Obrázek 35 – Před změnou manipulační jednotky u stanice 2 .....	52
Obrázek 36 – Po změně manipulační jednotky u stanice 2 .....	53
Obrázek 37 – Před a po změně ustavení KLT beden u stanice 3.....	53
Obrázek 38 – Změna umístění FIFO regálu _návrh a realizace .....	54
Obrázek 39 – Návrh auditorské stanice .....	55
Obrázek 40 – Layout výrobní linky pro VW ID.3 (varianta 6) .....	57

## Seznam tabulek

	Strana
Tabulka 1 – Basic MOST _ ST.06 [9] .....	13
Tabulka 2 – Sekvenční modely zahrnuté v technice Basic MOST [9] .....	14
Tabulka 3 – Chronometráž operace _ ST.06 [9].....	14
Tabulka 4 – Rozdělení produktů.....	23
Tabulka 5 – Basic Most VW.....	30
Tabulka 6 – Závažnost překročení cílového času u metody MOST .....	32
Tabulka 7 – Popis jednotlivých stanic .....	33
Tabulka 8 – Souhrnné náměry z roku 2019 .....	40
Tabulka 9 – Balanční graf z náměru r. 2019 (hodnoty v sekundách) .....	41
Tabulka 10 – Rozfázovaný časový fond za ranní směnu.....	43
Tabulka 11 – Rozdělení pracovního fondu.....	43
Tabulka 12 – Souhrnné návrhy pro některé stanice.....	56
Tabulka 13 – Souhrnné náměry z roku 2020 .....	58
Tabulka 14 – Balanc linky z náměru r. 2020 (hodnoty v sekundách) .....	59
Tabulka 15 – Porovnání MOST s náměry 2019 a náměry 2020.....	60
Tabulka 16 – Souhrnné porovnání v činnostech mezi MOST a chronometráží r. 2020.....	64
Tabulka 17 – Závažnost překročení cílového času u chronometráží r. 2020.....	65
Tabulka 18 – Souhrn zhodnocení .....	66
Tabulka 19 – Souhrnná data pro výpočet roční úspory .....	66

## Seznam grafů

	Strana
Graf 1 – Vývoj počtu zaměstnanců [11] .....	18
Graf 2 – Růst zaměstnanců ve VLS Rychvald [9] .....	27
Graf 3 – Souhrnný MOST všech stanic .....	30
Graf 4 – Rozfázované jednotlivé stanice VW_MOST .....	31
Graf 5 – Chronometráž – náměry výrobní linky po změnách r.2019 .....	40
Graf 6 – Balanční graf z náměru r.2019 .....	42
Graf 7 – Grafické znázornění požadavků a skutečného prodeje VW ID.3 .....	45
Graf 8 – Chronometráž – náměry výrobní linky po změnách r. 2020 .....	58
Graf 9 – Balanc linky z náměru r.2020 .....	60
Graf 10 – Grafické znázornění porovnání MOST/ náměry 2019/ náměry 2020 .....	61
Graf 11 – Procentuální porovnání jednotlivých činností _ MOST/ skut. 2020 .....	62
Graf 12 – Rozfázovaný BacisMOST VW .....	63
Graf 13 – Chronometráž - rozfázované náměry VW ID.3 r.2020 .....	63